

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**DESCRIPCIÓN VARIETAL DE 15 CLONES DE *Theobroma cacao*, EN
FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA, LA MASICA
ATLÁNTIDA**

POR:

KELVIN SAMUEL MEJÍA NÚÑEZ

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

AGOSTO 2023

**DESCRIPCIÓN VARIETAL DE 15 CLONES DE *Theobroma cacao*, EN
FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA LA MASICA
ATLÁNTIDA**

POR:

KELVIN SAMUEL MEJÍA NÚÑEZ

YONI SORIEL ANTÚNEZ MUNGUÍA M. Sc.

Asesor principal

**TESIS PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

CATACAMAS

OLANCHO

AGOSTO, 2023

DEDICATORIA

Al Dios creador y misericordioso, quien me ha acompañado en el camino, abriendo puertas de bendición y oportunidades mediante su voluntad.

En especial a mi hermano Henry Francisco Mejía Núñez, considerado mi mejor amigo y mi más grande apoyo, siempre me aconsejó en los momentos de dificultad y alegría, dándome ánimos en cada momento para conseguir mi sueño. A él dedico este logro como señal de compensación a tan grande esfuerzo y por nunca dejar de apoyarme en las decisiones que tomé.

A mi madre Rosmery Núñez Suazo, mujer luchadora quien nunca se rindió y siempre supo cómo salir adelante, me enseñó a poner en práctica los valores que me han sido de mucha ayuda en mi vida personal, a ella le debo lo que soy.

A mis abuelos María Asunción Suazo y Casto Núñez, quienes me han regalado valiosos consejos. Que a través de su historia brindan grandes lecciones a quienes comparten con ellos. Son parte de este logro importante en mi vida por su constante ayuda, su comprensión y oraciones.

AGRADECIMIENTOS

A Dios mi padre celestial, quien permite todo lo que pasa en nuestras vidas, quien en momentos de angustias pedí su ayuda y nunca me dejó, el que me ayudó a tomar decisiones siempre siguiendo su voluntad.

A mis padres Rosmery Núñez Suazo y Francisco Mejía Mejía, por darme la vida y por educarme con buenos ejemplos para ser una persona de bien. A mi tía Elvis Yolanda Núñez Suazo por su amor hacia mi persona, por sus constantes oraciones y por ser la primera persona en confiar y hacer posible este sueño. A mis hermanos Nensy Mejía y Jeferson Núñez quienes también forman parte de mis logros.

A mi alma mater quien me acogió, me brindó conocimiento y amistades que se convirtieron en familia. Me siento orgulloso de ser parte de esta universidad y que siempre será parte de mí.

A la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) quien abrió sus puertas para mi formación profesional, proporcionando sus instalaciones, aporte económico y equipo de trabajo. Por lo tanto, me siento orgulloso de haber aportado un poco de mi esfuerzo en tan responsable institución.

Especial agradecimiento al M.Sc. Oscar Arnulfo Ramírez, quien trabajó de cerca durante mi estadía en el CEDEC-JAS. Quiero expresar mi sincero agradecimiento a este excelente

profesional y amigo por compartir su amplio conocimiento. Gracias a su guía y apoyo, he logrado crecer tanto personal como profesionalmente. Estoy sumamente agradecido por su dedicación y compromiso en ayudarme a alcanzar mis metas.

A mis mentores en FHIA de quienes adquirí nuevos conocimientos para aplicar en mi vida laboral y personal, son ellos los que me apoyaron en todo momento y es gracias a este equipo que culminé con éxito: Ph.D. Marlon López, Ph.D. Javier Díaz, Ing. Elvin Ávila, Ing. Erick Durán, M.Sc. Héctor Aguilar, Ing. Eduardo Brizuela, Ing. Alfredo Martínez, Wilfredo Bonilla.

Agradecimiento a todo el equipo de FHIA trabajadores y colaboradores de quienes aprendí y siempre recordaré, en especial al CEDEC-JAS y CADETH. Como también a las personas que laboran en el departamento de protección vegetal y postcosecha de la FHIA; son personas que nunca negaron su conocimiento y de quienes llevo buenos recuerdos.

A mis asesores M.Sc. Yoni Antúnez, M.Sc. Zamir Erazo y M.Sc. Jorge Guevara quienes me apoyaron en el asesoramiento de mi tesis, y al M.Sc. Alexis Valecillo quien brindó su colaboración, brindando su ayuda y conocimiento en el desarrollo de este trabajo.

A todas mis amistades de la universidad que fueron de apoyo en todo momento, en especial a: Lesther Mejía, Luis Gonzales, Pavela Maradiaga, Brenda López, Cristhian Montoya y Kevin Jiménez.

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
CONTENIDO.....	iv
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. General	3
2.2. Específicos	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1. Origen	4
3.2. Situación actual cacao en el mundo	5
3.3. Situación en Honduras	6
3.4. Taxonomía del cacao	7
3.5. Generalidades del cacao.....	8
3.5.1 Raíz.....	8
3.5.2 Ramas y hojas	9

3.5.3	Inflorescencia.....	9
3.5.4	Flor.....	9
3.5.5	Fruto.....	11
3.6.	Razas cultivables.....	11
3.6.1	Clasificación tradicional	12
3.6.2	Clasificación de germoplasma según Montamayor	13
3.7.	Requerimientos ecofisiológicos para el cultivo de cacao	14
3.7.1	Temperatura.....	14
3.7.2	Precipitación	15
3.7.3	Humedad relativa.....	15
3.7.4	Suelos.....	15
3.7.5	Luminosidad	16
3.7.6	Viento	16
3.7.7	Compatibilidad e inter-compatibilidad.....	17
3.8.	Propagación en cacao.....	18
3.8.1	Sexual	18
3.8.2	Asexual	18
3.8.3	Cultivo in vitro.....	20
3.9.	Enfermedades.....	20
3.9.1	Moniliasis	20
3.9.2	Mazorca Negra	24
3.10.	Sistema Agroforestal	25
3.11.	Mejoramiento Genético.....	27
3.12.	Beneficiado del cacao.....	27
3.13.	Fermentación.....	29

3.14.	Caracterización morfológica	29
3.15.	Manejo Agronómico del cacao en sistema agroforestal.....	30
3.15.1	Vivero	30
3.15.2	Preparación del terreno	30
3.15.3	Densidad de siembra.....	31
3.15.4	Trasplante	31
3.15.5	Manejo de malezas	31
3.15.6	Podas en cacao y silvícolas.....	32
3.15.7	Regulación de sombra	32
3.15.8	Nutrición.....	33
3.15.9	Manejo de enfermedades importantes	34
3.15.10	Cosecha	35
3.15.11	Beneficiado	36
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
4.1.1.	Caracterización de la zona de estudio	38
4.1.2.	Material experimental	39
4.1.3.	Primera etapa: evaluación y selección a nivel de progenie	40
4.1.4.	Segunda etapa: evaluación y selección de los clones más promisorios	40
4.2.	Materiales y equipo	42
4.3.	Manejo del experimento.....	42
4.4.	Factor bajo estudio	43
4.5.	Diseño experimental y tratamientos.....	43
4.6.	Unidad experimental	44
4.7.	Variables de estudio	45
4.7.1.	De la hoja.....	45

4.7.2.	De la flor.....	47
4.7.3.	Del fruto.....	50
4.7.4.	De productividad	56
4.8.	Resistencia genética	61
4.8.1.	Evaluación de resistencia genética a mazorca negra	62
4.8.2.	Evaluación de resistencia genética a moniliasis	66
4.8.3.	Características organolépticas	72
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	83
5.1.	Variables de la hoja.....	83
5.1.1.	Variables cualitativas en la hoja	83
5.1.2.	Variables cuantitativas de la hoja	89
5.2.	Variables de la flor.....	91
5.2.1.	Variables cualitativas de la flor	91
5.2.2.	Variables cuantitativas.....	92
5.3.	Compatibilidad sexual.....	95
5.4.	Variables de fruto	97
5.4.1.	Variables cualitativas.....	97
5.4.2.	Variables cuantitativas.....	99
5.5.	Variables de rendimiento	111
5.5.1.	Distribución masal en el fruto	111
5.5.2.	Cantidad de almendras buenas y vanas por fruto.	112
5.5.3.	Variables de productividad.....	113
5.5.4.	Peso de cotiledón y testa del grano de cacao representado en porcentaje	116
5.5.5.	Rendimiento e incidencia a enfermedades bajo condiciones naturales	117
5.5.6.	Resistencia genética a mazorca negra bajo inoculaciones artificiales.....	120

5.5.7. Resistencia genética a moniliasis bajo inoculaciones artificiales.....	126
5.6. Post cosecha	133
VI. CONCLUSIONES	144
VII. RECOMENDACIONES	149
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	150
ANEXOS.....	167

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Principales productores de granos en 2021, por valor de la producción (en miles de dólares).....	6
Cuadro 2. Requisitos óptimos del suelo para el cultivo de cacao (Dubón y Sánchez 2016)	16
Cuadro 3. Nutrición en cacao bajo sistema agroforestal para producir de 0.8 a 1 kg/cacao seco/planta/año, recomendado por la FHIA.	34
Cuadro 4. Materiales seleccionados del lote “18 cultivares” por su excelente comportamiento agronómico.	41
Cuadro 5. Materiales genéticos de cacao seleccionados del lote “Marapolán”	42
Cuadro 6. Lista de materiales genéticos seleccionados y desarrollados por la FHIA que conforman el descriptor varietal.....	44
Cuadro 7. Descriptores evaluados en la caracterización morfológica en el órgano de la hoja para los 15 materiales de cacao pertenecientes al germoplasma de la FHIA.	45
Cuadro 8. Descriptores morfológicos utilizados para la caracterización en flores de 15 materiales de la FHIA	48
Cuadro 9. Descriptores morfológicos cuantitativos usados en la caracterización de frutos de los 15 materiales bajo investigación.....	53
Cuadro 10. Escala para la clasificación según la severidad, propuesta por (Phillips-Mora y Galindo 1989).....	66
Cuadro 11. Escala de evaluación de la severidad externa causada por el hongo <i>M. royeri</i>	71
Cuadro 12. Escala de evaluación de la severidad interna causada por el hongo <i>M. royeri</i> e	71
Cuadro 13. Procedimiento en la valoración de los sabores de las muestras de licor de cacao, propuesto por ISQF	75

Cuadro 14. Términos usados en la evaluación sensorial de licor de cacao.....	76
Cuadro 15. Variables cualitativas en 15 materiales de cacao evaluados por la FHIA	83
Cuadro 16. Índice de Simpson en variables cualitativas tomadas en 15 materiales de cacao seleccionados por la FHIA	84
Cuadro 17. Índice de Simpson y Shannon para las variables cualitativas evaluadas en hojas de los 15 materiales.....	86
Cuadro 18. Análisis descriptivo de variables cuantitativas evaluadas en hojas de materiales genéticos de cacao de FHIA.....	89
Cuadro 19. Resultados de variables cuantitativas en las hojas de los cacaos evaluados. ...	90
Cuadro 20. Valores representativos de las variables cuantitativas medidas en la flor de los 15 materiales evaluados.	94
Cuadro 21. Resultados de la compatibilidad en algunos cruces realizados.	96
Cuadro 22. Variables cualitativas en fruto de los 15 materiales evaluados.	98
Cuadro 23. Caracterización en 15 materiales seleccionados por la FHIA: Variables cuantitativas del fruto	100
Cuadro 24. Estadísticos descriptivos para las variables del fruto en 15 material de cacao, pertenecientes al banco de germoplasma de la FHIA	101
Cuadro 25. Valores propios y proporción de la varianza explicada en análisis de componentes para las variables del fruto.	104
Cuadro 26. Correlación entre las variables del fruto y los cinco primeros componentes principales en la caracterización del germoplasma de cacao perteneciente de la FHIA.	105
Cuadro 27. Variables de productividad evaluadas en 15 materiales de cacao pertenecientes al germoplasma de la FHIA	115
Cuadro 28. Coeficientes de correlación de Pearson para las dimensiones del grano.....	116
Cuadro 29. Análisis de la variancia para los dos métodos de inoculación en mazorca negra	121
Cuadro 30. Comparación de medias Tukey para los métodos de inoculación artificial utilizados en los materiales.	121
Cuadro 31. Análisis de la variancia en la incidencia de mazorca negra en los dos métodos de inoculación artificial.....	124

Cuadro 32. Comparación de medias Tukey para incidencia en los dos métodos de inoculación artificial de mazorca negra.	124
Cuadro 33. Resistencia genética para 11 materiales de cacao a mazorca negra	124
Cuadro 34. Materiales de cacao clasificados según su resistencia frente a <i>Phytophthora</i> sp. evaluados en diferente época por la FHIA.	125
Cuadro 35. Caracterización de 15 materiales promisorios de la FHIA en cuanto a resistencia genética a moniliasis	127
Cuadro 36. Clones de cacao resistentes a monilia evaluados en el CEDEC-JAS.	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Origen de los individuos analizados según la nueva clasificación propuesta por (Montamayor et al. 2008).....	14
Figura 2. Ciclo de vida del hongo (<i>Moniliophthora roreri</i>).....	23
Figura 3. CEDEC-JAS, La Masica Atlántida.	39
Figura 4. Metodologías para la clasificación de hojas de cacao.....	47
Figura 5. Metodología en la medición de parámetros morfológicos en las flores de planta de cacao.....	49
Figura 6. Proceso en la evaluación de compatibilidad sexual en cacao	50
Figura 7. Formas del fruto	51
Figura 8. Clasificación según el tipo de constricción basal en frutos de cacao.....	52
Figura 9. Clasificación según el ápice de fruto en la caracterización de materiales de cacao.	52
Figura 10. Rugosidad del fruto.	53
Figura 11. Variables morfológicas descriptivas de frutos de cacao	56
Figura 12. Clasificación de la semilla según su forma longitudinal.....	60
Figura 13. Medición de variables de productividad en muestras de cacao micro-fermentado y secado de 15 materiales de cacao pertenecientes al germoplasma de la FHIA.....	61
Figura 14. Obtención y producción de inóculo de <i>Phytophthora sp</i> en el Laboratorio de Protección Vegetal de la FHIA	63
Figura 15. Proceso para la preparación de inóculo de mazorca negra	64
Figura 16. Proceso en la inoculación artificial de <i>Phytophthora sp.</i> evaluación en campo	65
Figura 17. Recolección y evaluación de frutos inoculados de mazorca negra.....	66
Figura 18. Proceso en la obtención y producción de inóculo de <i>Moniliophthora roreri</i>	68

Figura 19. Preparación de inóculo de (<i>Moniliophthora roreri</i>)	69
Figura 20. Inoculación artificial de <i>Moniliophthora roreri</i> en campo.	70
Figura 21. Fruto inoculado con <i>Moniliophthora roreri</i> , con sintomatología externa e interna	71
Figura 22. Evaluación de materiales genéticos de cacao expuestos a inoculaciones artificiales de <i>Moniliophthora roreri</i>	72
Figura 23. Proceso de recolección de frutos, micro fermentación y secado del grano de cacao	73
Figura 24. Flujograma de la elaboración de licor de cacao.....	74
Figura 25. Proceso para la elaboración de licor de cacao.....	74
Figura 26. Detalles del proceso en la evaluación sensorial de los licores de cacao de los materiales evaluados	82
Figura 27. Parámetros del ápice de la hoja para la caracterización de 15 materiales de cacao pertenecientes a la FHIA.	86
Figura 28. Categorías de formas en la base de hojas que predominan en materiales evaluados	87
Figura 29. Caracterización de la hoja según su forma en 15 materiales de cacao de la FHIA	88
Figura 30. Variable de textura en materiales de cacao evaluados	88
Figura 31. Presencia y/o ausencia de antocianina en partes de la flor de cacao en los 15 materiales evaluados.	92
Figura 32. Histogramas de variables cuantificables tomadas en flor de los 15 materiales evaluados.....	93
Figura 33. Análisis de correlación entre las variables del fruto en 15 materiales de cacao perteneciente al banco de germoplasma de la FHIA.	103
Figura 34. Distribución y contribución de las variables del fruto frente CP1 VS CP2 en la caracterización del germoplasma de cacao pertenecientes a la FHIA.	109
Figura 35. Representación gráfica del análisis de componentes principales.....	110
Figura 36. Distribución relativa de la masa del fruto en los 15 materiales caracterizados.	112

Figura 37. Cantidad de almendras por fruto para cada material clasificado en almendras buenas y almendras vanas. Se puede observar que el material de cacao	113
Figura 38. Distribución masal en el grano fermentado y seco para 15 materiales de cacao.	117
Figura 39. Rendimiento y perdidas por enfermedades (<i>Moniliophthora roreri</i> y <i>Phytophthora sp</i>) promedio de 6 años Kg cacao seco/ha.....	119
Figura 40. Comparación de dos métodos de inoculación artificial para mazorca negra en relación al diámetro promedio de la lesión en frutos de los materiales genéticos evaluados.....	122
Figura 41. Incidencia de mazorca negra explicada por método en los diferentes materiales genéticos de cacao.....	123
Figura 42. Análisis de componentes principales para la evaluación sensorial	135
Figura 43. Perfil sensorial de 2 materiales genéticos	141
Figura 44. Perfil sensorial de 6 materiales genéticos de cacao evaluados.	142
Figura 45. Perfil sensorial para 6 materiales genéticos de cacao pertenecientes a la FHIA.	143

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Frutos de FHIA-330 inoculados con <i>M. roreri</i>	167
Anexo 2. Frutos de FHIA-32 inoculados con <i>M. roreri</i>	167
Anexo 3. Frutos de FHIA-483 inoculados con <i>M. roreri</i>	167
Anexo 4. Frutos de FHIA-65 inoculados con <i>M. roreri</i>	167
Anexo 5. Frutos de FHIA-533 inoculados con <i>M. roreri</i>	168
Anexo 6. Frutos de FHIA-612 inoculados con <i>M. roreri</i>	168
Anexo 7. Frutos de FHIA-483 inoculados con <i>M. roreri</i>	168
Anexo 8. Frutos de FHIA-741 inoculados con <i>M. roreri</i>	168
Anexo 9. Frutos de FHIA-359 inoculados con <i>M. roreri</i>	168
Anexo 10. Frutos de FHIA-168 inoculados con <i>M. roreri</i>	168
Anexo 11. Frutos de FHIA-276 inoculados con <i>M. roreri</i>	168
Anexo 12. Frutos de FHIA-32 inoculados <i>Phytophthora sp.</i> bajo dos métodos	168
Anexo 13. Frutos de FHIA-359 inoculados <i>Phytophthora sp.</i> bajo dos métodos	168
Anexo 14. Frutos de FHIA-310 inoculados <i>Phytophthora sp.</i> bajo dos métodos	168
Anexo 15. Frutos de FHIA-513 inoculados <i>Phytophthora sp.</i> bajo dos métodos	168
Anexo 16. Frutos de FHIA-65 inoculados <i>Phytophthora sp.</i> bajo dos métodos	168
Anexo 17. Frutos de FHIA-515 inoculados <i>Phytophthora sp.</i> bajo dos métodos	168
Anexo 18. Frutos de FHIA-533 inoculados <i>Phytophthora sp.</i> bajo dos métodos	168
Anexo 19. Frutos de FHIA-330 inoculados <i>Phytophthora sp.</i> bajo dos métodos	168
Anexo 20. Frutos de FHIA-276 inoculados <i>Phytophthora sp.</i> bajo dos métodos	168
Anexo 21. Frutos de FHIA-65 inoculados <i>Phytophthora sp.</i> bajo dos métodos	168
Anexo 22. Frutos de FHIA-612 inoculados <i>Phytophthora sp.</i> bajo dos métodos	168
Anexo 23. ANOVA para LONG y ANMAX de la hoja.	168
Anexo 24. ANOVA para RELA y LBA de la hoja	168

Anexo 25.	ANOVA para RELLBA y LONGPde la hoja.....	168
Anexo 26.	ANOVA para LONGTOT y LONGPED de la flor	168
Anexo 27.	ANOVA para LONGFL y DIAMFL de la flor	168
Anexo 28.	ANOVA para DIAMPED y NUMOV de la flor	168
Anexo 29.	ANOVA para LONG y PERI del fruto.....	168
Anexo 30.	ANOVA para DIAM y RELA del fruto	168
Anexo 31.	ANOVA para P y PROFSUR del fruto	168
Anexo 32.	ANOVA para GRABRIX y pH del fruto	168
Anexo 33.	ANOVA para CANTALBU y CANTALVA del fruto.....	168
Anexo 34.	ANOVA para PALBU y PALVA del fruto	168
Anexo 35.	ANOVA para PPLAC y PCASC del fruto	168
Anexo 36.	ANOVA para PROMALBU y PROMALVA del fruto.....	168
Anexo 37.	ANOVA para rendimiento de los 15 materiales.....	168
Anexo 38.	Resultados de evaluación sensorial para algunos materiales según catadores .	168

Mejía-Núñez KS. 2023. Descripción varietal de 15 clones de *Theobroma cacao*, en Fundación Hondureña de Investigación Agrícola La Masica Atlántida. Tesis ing. Agrónomo. Catacamas, Olancho. Universidad Nacional de Agricultura. 179 pág.

RESUMEN

Se evaluaron 15 materiales genéticos de cacao de FHIA en CEDEC-JAS bajo sistemas agroforestales, enfocándose en su productividad, resistencia a enfermedades y calidad organoléptica en La Masica, Atlántida. Se utilizaron descriptores morfológicos de tipo cualitativos y cuantitativos, en hoja (12), flor (11), fruto (25) y variables de comportamiento agronómico: de productividad (11), de sanidad (incidencia a moniliasis y mazorca negra de forma natural y artificial mediante inoculaciones), compatibilidad sexual, y adicionalmente variables organolépticas evaluados en conjunto con un panel de catadores de cacao. En hojas, las variables cualitativas mostraron poca discriminación, con textura cartácea predominante, forma ovoide en la mayoría y ápice caudado. En cuanto a variables cuantitativas, hubo poca frecuencia, con un CV de 29,2% mayor para RELLBA. El material FHIA-612 mostró la menor longitud y ancho de hoja, mientras que el FHIA-32 tuvo los valores más altos. En flor, FHIA-677 y FHIA-741 tuvieron las mayores longitudes, mientras que FHIA-32 la más baja. El diámetro de la flor fue mayor en FHIA-533 y menor en FHIA-310. En frutos, predominó la forma amelonada, mientras que la forma de cundeamor solo se encontró en FHIA-32. El color del fruto varió, destacando el amarillo en frutos maduros y verde en frutos inmaduros. En la polinización manual 12 de las 19 cruzas mostró intercompatibilidad. Uno de los aspectos más relevantes es el rendimiento 10 materiales por encima de los 1200 kg de cacao seco/ha, con baja incidencia a enfermedades de forma natural. En cuanto *Phytophthora sp.* (mazorca negra), FHIA-32 mostró resistencia genética, mientras que otros materiales aparecieron incidencias bajas e intermedias. Se identificaron varios materiales de cacao con características deseadas o importantes para la calidad, destacando el FHIA-330, FHIA-515 y FHIA-168 por su buen perfil sensorial.

Palabras clave: materiales, cacao, calidad, enfermedad, rendimiento, resistente, productividad.

I. INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de gran valor a nivel mundial, debido a la amplia gama de productos derivados que se pueden obtener a partir de él. Además, su alta demanda en diversas presentaciones lo convierte en un producto altamente consumido. A nivel nacional, el cacao representa una fuente de ingresos importante para las familias hondureñas, siendo los pequeños productores quienes conforman el 55% del total de productores en el país. En Centroamérica, Honduras ocupa el segundo lugar en exportación de cacao, con las zonas del litoral atlántico, la zona noroccidental y el Departamento de Olancho como las más productivas Sobalbarro-Figueroa *et al.* (2020).

Sin embargo, la cacaocultura en Honduras enfrenta una serie de desafíos. El manejo agronómico y de postcosecha inadecuado por parte de los agricultores, la incidencia de enfermedades que mejora la producción, la escasa disponibilidad de tierras aptas para el cultivo, la falta de investigación en la liberación de materiales adaptados a condiciones adversas y las dificultades de acceso a mercados competitivos son factores que obstaculizan el progreso de los pequeños agricultores (Peña 2017, FHIA 2012)

Estos factores contribuyen a los bajos rendimientos en la producción nacional, que en promedio alcanzan los 493 kg/ha, según datos del (Comité Nacional de la Cadena de Cacao (CNCC) 2019). Por lo tanto, es necesario tomar medidas que incrementen los ingresos de las familias productoras de cacao.

Actualmente, la producción de cacao en Honduras se está orientado hacia la producción de cacao fino de aroma, debido a la creciente demanda en el mercado mundial por parte de empresas que fabrican chocolates gourmet (Martínez 2008). Y como lo menciona (Escobedo 2013) la base de la calidad está en el primer eslabón de la cadena que contempla la producción en material genético validado (asegure calidad, resistencia y producción). La FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola), como institución comprometida con los productores, brinda el mayor apoyo al sector cacaotero. Ha desarrollado y evaluado materiales con excelentes características de producción, adaptación y calidad, los cuales representan una alternativa de mejora para los agricultores. La disponibilidad de materiales certificados de cacao provenientes de la FHIA es fundamental para impulsar el desarrollo del sector.

La descripción de las variedades es un requisito previo el registro de accesiones y la liberación de materiales, ante el departamento de CERTISEM-SENASA. Por lo que la caracterización del germoplasma de cacao proporciona un conocimiento general de los materiales existentes en cada zona y su comportamiento en condiciones de cultivo (Carvalho, *et al.* 2012 citado por Quevedo *et al.* 2022).

El objetivo de la presente investigación es ampliar el conocimiento sobre los materiales genéticos del cacao, tanto en su morfología como en su comportamiento agronómico, de cultivares promisorios desarrollados por la FHIA. Este conocimiento servirá de apoyo en la selección previa a la adaptación por parte de los productores.

II. OBJETIVOS

2.1.General

Caracterizar y evaluar 15 clones de cacao seleccionados por la FHIA, utilizando descriptores morfológicos, agronómicos e indicadores relacionados índices de productividad.

2.2.Específicos

Caracterizar morfológicamente (hoja, flor, fruto y semilla), utilizando los descriptores más importantes, para poder diferenciar los materiales que se están evaluando.

Determinar los parámetros de productividad (I de M e I de G) en los 15 clones de cacao durante el tiempo de evaluación, para poder estimar las producciones a futuro.

Identificar los clones que muestran mayor susceptibilidad a las enfermedades más comunes en el cultivo de cacao; *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora palmivora* mediante inoculaciones artificiales.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Origen

Motamayor y colaboradores (2003) mencionan y confirman las teorías de otros autores; donde América del sur es el sitio de origen del cacao, posteriormente se introdujo por el hombre a América Central. La distribución del cacao va de México hasta el Amazonas, lo que permite una gran variedad de ambientes y procesos de domesticación, esto conlleva a que exista una gran diversidad de cultivares con múltiples características (Almeida y Valle, 2007) citado por (Jaimez *et al.* 2008). Según López *et al.* (2021) en su investigación a través de marcadores moleculares SSR, confirma los resultados de investigaciones arqueológicas que señalan a Mesoamérica como el centro de domesticación del cacao.

Naturalmente el cacao es considerado una especie umbrófila ya que evolucionó bajo un dosel de sombra. Comparte el segundo y/o tercer estrato en las selvas tropicales, por lo que propicia su cultivo empleando otras especies que presten el servicio de sombra, pero de forma regulada de acuerdo a sus etapas fenológicas. El cacao florece durante casi todo el año (principalmente entre junio y septiembre). Los frutos maduran en un periodo de 5 meses y dependiendo de la zona de producción se generan picos de cosecha marcados, (INIAP, 1993) citado por (Ríos 2015). Según Dostert *et al.* (2012), para satisfacer el mercado mundial se cultiva todo el cacao de la especie *Theobroma cacao* L. Las otras especies de *Theobroma* son cultivadas y utilizadas sin interés de explotación.

El cacao se produce de manera respetuosa con el medio ambiente; se cultiva comúnmente en diversos sistemas agroforestales, bajo sombra, evitando así la erosión del suelo y manteniendo las funciones de las cuencas hidrográficas. Los sistemas agroforestales a base de cacao también juegan un papel importante como zonas de amortiguamiento en las inmediaciones de las áreas protegidas, al proteger los bosques tropicales y proporcionar un refugio para muchas especies animales y vegetales, disminuyendo fragmentación de hecho (Krauss 2012).

3.2. Situación actual cacao en el mundo

En la producción mundial del cacao el continente africano (África Occidental) es el que aporta el 75 % del cacao producido, y solo menos del 20 % lo aporta el continente americano. En los estados de África se ha dado un crecimiento acelerado, desde la temporada de 2005/06, la producción total aumentó de 700.000 toneladas hasta alcanzar 2,2 millones de toneladas de chocolate. Lo que impulsa el desarrollo de producción en cacao son las industrias de cacao, los países latinoamericanos tienen características diferentes a los países que son potencias, se conforman con cultivar árboles y la venta de materia prima (Hütz-Adams *et al.* 2022).

Hütz-Adams y sus colaboradores (2022), mencionan que el cultivo de cacao contribuye a la deforestación, aunque su impacto en América Latina es menor que en África Occidental debido a la menor superficie utilizada. Sin embargo, en Honduras se promueve como un sistema de producción rentable y alternativo para la recuperación de ecosistemas degradados (Dubón y Sánchez 2016). En la cadena de valor del cacao, el uso de pesticidas y fertilizantes no orgánicos representa un riesgo ambiental. Los árboles de cacao son muy sensibles a los cambios climáticos, lo que afecta su salud, la presencia de enfermedades, la floración y la producción de frutos, lo que a su vez afecta la productividad. El mercado del cacao tiene requisitos específicos en cuanto a composición y niveles permitidos de residuos, incluyendo residuos de pesticidas y hongos como la ocratoxina A, que es relevante para el cacao.

Cuadro 1. Principales productores de granos en 2021, por valor de la producción (en miles de dólares)

País	Dólares estadounidenses
Costa de Marfil	2,959,066
Indonesia	1,353,772
Ecuador	714,281
Ghana	704,221
Camerún	625,458
Brasil	469,555
Perú	369,853
Venezuela	340,819
Rep. Dominicana	186.159
Colombia	167,321
Nigeria	86.699

Fuente: (Orús 2023)

A nivel mundial el cacao y los subproductos obtenidos requieren de mucha demanda el (Codex Alimentarius 2016) cita a Trade Map (2014) donde expone que en chocolate y otros productos alimenticios que contenían cacao representaron el 47,8% de las importaciones mundiales, seguidas del cacao en grano y cacao triturado (27,4%), licor de cacao (8,4%), manteca de cacao (8.3%), cacao en polvo sin azúcar (7,2%), y cáscaras, membranas y otros desechos del cacao (0,9%).

3.3. Situación en Honduras

En Honduras el cacao representa una actividad productiva muy importante para los pequeños productores. La producción se concentra en la zona noroccidental, litoral atlántico y Olancho

(Tapia 2017). En la actualidad la cadena de cacao (CNCC) menciona que aproximadamente hay 7,000 hectáreas sembradas en el territorio nacional, con más de 5,000 familias productoras. Sobalbarro-Figueroa y sus colaboradores (2020) hacen mención que el cultivo de cacao en Honduras es una actividad ocupacional de hombres (78%), con edades arriba de los 35 años (74.58%) y de escolaridad básica. En Honduras durante el periodo de 2016/19 el valor de las exportaciones de cacao y sus preparaciones fue inferior al valor de las importaciones del mismo; resultando así un saldo comercial deficitario que vendría a ser explicado por la importación de chocolates (Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) 2020)

Para el año 2020 los precios internacionales se mantuvieron por encima de 2,150.00 dólares estadounidenses por tonelada y en promedio fue de dos mil cuatrocientos; alrededor de 27.30 Lempiras por libra. Los expertos pronostican ligeras alzas hasta el 2025. Para Honduras que produce granos de sabor y aroma fino alcanza precios privilegiados particularmente si se acompañan de la certificación orgánica y de comercio justo puede alcanzar unos 38.20 Lempiras por libra. En los últimos años se ha dado un incremento en la demanda por parte de intermediarios, desean la compra de caca fermentado y seco, así como cacao corriente, esta modalidad, representa una oportunidad de venta, especialmente para el cacao producido de forma convencional (FHIA 2020).

3.4. Taxonomía del cacao

Linneo, en el año 1737, clasificó el cacao como *Theobroma cacao*. Luego, Benthán y Hooker, en 1862, dieron una clasificación definitiva como especie de la familia Sterculiaceae, la cual actualmente pertenece al orden de las Marvales. Las diferentes especies del género *Theobroma* han tenido varias clasificaciones botánicas derivadas de las dificultades encontradas con el abundante polimorfismo y tipos intermedios como resultado del

cruzamiento dirigido entre formas definidas, buscando fijar tipos de mayor aprovechamiento económico (Batista 2009).

Reino: Plantae

Tipo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Malvales

Familia: Sterculiaceae

Género: *Theobroma*

Especie: *cacao* L.

3.5. Generalidades del cacao

Generalmente el árbol de cacao alcanza alturas de cuatro a ocho metros, aunque puede alcanzar mayores alturas debido al crecimiento simpodial del tallo por ramas subterminales o laterales (chupones) que forman mesas secundarias o terciarias (Barros 1981).

3.5.1 Raíz

A partir de la raíz pivotante, inmediatamente debajo del cuello, se desarrollan la mayoría de las raíces secundarias a unos 15 a 20 cm de profundidad en la porción superior de la capa de humus. Éstas se extienden en forma horizontal a 5 y 6 metros del tronco del árbol, con raíces laterales que se dividen repetidamente. Las raíces secundarias que se encuentran en la parte inferior de la raíz pivotante, tienen un crecimiento hacia abajo en dirección a la roca madre o hacia la capa freática (Batista 2009).

3.5.2 Ramas y hojas

Las ramas son dimorficas, unas crecen en sentido vertical (tallos y chupones) y las otras oblicuamente hacia los lados. Los troncos en la parte inferior de la horqueta solo producen chupones morfológicamente similares a los tallos, con hojas cuya filotaxia es de 3/8, en cambio las ramas de las horquetas tienen una filotaxia de 1/2; estas ramas se denominan ramas abanico. La hoja está conformada por dos estípulas que se desprenden tempranamente, un peciolo conspicuo y el limbo. El limbo es simple, generalmente se muestra una forma que va de lanceolada a casi ovalada y con el ápice agudo; el margen es entero y en ambas superficies glabras. Tiene nervadura pinnada y prominente en la parte central (Barros 1981).

3.5.3 Inflorescencia

la inflorescencia del cacao es una cima decasiforme, la cual se forma directamente en la madera más vieja del tronco y de las ramas adultas del árbol y, de manera muy específica, en la base de una hoja, alrededor de la cicatriz y de la yema axilar que queda al caer la hoja. La inflorescencia, en su proceso de formación y crecimiento, se transforma en una masa densa que conforme se desarrolla forma un cojín que agrupa entre 40 a 60 flores (Batista 2009).

3.5.4 Flor

(INIAP 1993) citado por (Ríos 2015: 16), describen la fórmula floral como: $S_5 ; P_5 ; E_5 + 5^\circ ; G(5)$; *baya*: Flor con estructura radial. S_5 : Cáliz formado por cinco sépalos. P_5 : La corola posee 5 pétalos. $E_5 + 5^\circ$: corresponde al androceo conformado por 5 estambres (protegidos por una estructura capsular denominada cógula) fértiles y 5 estaminodios. Las anteras poseen 4 sacos de polen con dehiscencia longitudinal. $G(5)$ gineceo que está formado por el pistilo el cual tiene tres partes (estigma, estilo y ovario). El ovario es súpero y está

compuesto por 5 carpelos con una placenta central conectada a los óvulos que pueden estar en un número de 30 a 50.

Las flores son pentámeras, hermafroditas, actinomorfas, y de 10 a 20 mm de diámetro, con un pedúnculo floral de 1 a 3 cm de largo. Los sépalos son blancos o rosa claros, de 5 a 8 mm de largo y de 1.5 a 2 mm de ancho, angostamente lanceoladas, persistentes y fusionados en la base. Los pétalos son un poco más largos que los sépalos, de 6 a 9 mm de largo, libres, amarillentos, con dos o tres nervios violetas dentro, glabros, con la parte inferior redondeada o abruptamente atenuada, recurvos y apiculados. Los estambres son 10 y lineares: cinco estambres fértiles se alternan con cinco estaminodios. Todos los estambres están fusionados en la base formando un tubo. Los estambres fértiles son de 2,5 a 3 mm de largo y están dispuestos frente a los pétalos; los estaminodios son violeta y 6.5 a 7.5 mm de largo. El ovario es de 2 a 3 mm de largo, anguloso ovado, ligeramente pentagonal y pentámero. Los óvulos se disponen en dos filas con 6, 12 o 16 óvulos por fila (Maroto *et al.* 2017: 15).

(Adjaloo y Oduro 2013) mencionan que los Ceratopogónidos son los insectos que visitan más la flor de cacao y que son estos microdípteros (*Forcipomyia spp.* y *Cecidomyiids*) los que más colaboran a la disposición de masa de polen en los estigmas de las flores. A pesar de que en los ecosistemas cacaoteros existe una gran diversidad de especies de insectos no representan necesariamente indicativo de su estatus polinizador.

Las flores se comienzan a abrir por la tarde y en las primeras horas de la mañana siguiente, emiten polen y presentan estilos receptivos, pero la estructura de la flor parece impedir la autopolinización, las anteras recurvadas hacia afuera están rodeadas por las conchas de los pétalos y separados del pistilo por los estaminodios. El polen es pegajoso, por lo que la polinización por el viento no puede ocurrir normalmente. Son entonces ciertos insectos diminutos, los que al andar por las flores pueden recoger el polen y depositarlo en los estigmas, sea de la misma flor sea en otras del mismo árbol o llevarlo a otra planta. Las flores que no han sido fertilizadas caen al segundo o tercer día, por el contrario, las que son

fecundadas se desprenden los sépalos, pétalos, y estambres y el ovario inicia su crecimiento (León 2000).

3.5.5 Fruto

Llamado comúnmente “mazorca” es una drupa grande sostenida por un pedúnculo fuerte. Generalmente es una drupa elipsoidal, pero hay fusiformes hasta esféricas; tiene cinco prominencias longitudinales principales, que en algunos cultivares se presentan como aristas salientes. En la mayoría de los frutos hay otras cinco prominencias secundarias, alternando con las primarias. Los colores básicos del fruto son amarillo claro rojo oscuro. Visto de un corte transversal se distingue en la cáscara del fruto el exocarpo, grueso y carnoso, luego el mesocarpo como una capa muy angosta y dura, el endocarpo es suave el grosor varía mucho del cultivar. El exocarpo está formado de epidermis con muchos estomas; debajo unas 12 capas de parénquima en que hay estratos con pigmentos y grupos de cristales de oxalato de calcio; la parte central del exocarpo se compone de parénquima lacunoso e incoloro, recorrido por canales de mucílago y haces vasculares. El mesocarpo es duro y angosto, formado de esclerénquima. El endocarpo se compone de parénquima más compacto con haces vasculares; la epidermis interna es fuerte y lisa. (León 2000).

3.6. Razas cultivables

Cheesman (1994) citado por Avendaño-Arrazate *et al.* (2018) menciona, que la especie *Theobroma cacao* L. ($2n= 2x= 20$) pertenece a la familia Malvaceae y se clasifica en tres grupos morfogeográficos principales: Criollo, Forastero y Trinitario. Las poblaciones de cacao provenientes de la cuenca del Amazonas pertenecen al grupo Forastero, y este grupo a su vez se puede subdividir en: grupo forastero de la región superior del Amazonas y grupo Forastero de la región inferior del Amazonas. De Centro América hasta el norte de Venezuela

y Colombia el grupo Criollo contiene poblaciones presentes, mientras que el grupo Trinitario se consideran materiales híbridos entre Forastero y Criollo.

3.6.1 Clasificación tradicional

Dubón y Durán (2016), describen los tres grupos genéticos de cacao de la siguiente manera:

3.6.1.1 Criollo

Este cacao es reconocido por su fineza de calidad, agradable sabor y aroma, en la elaboración de chocolatería fina es ideal. Sus frutos o mazorcas se caracterizan por tener una superficie rugosa, surcos pronunciados, de forma alargada y puntiaguda, en la coloración de la baya predominan colores verdes y rojos antes de la madurez. Los cotiledones de la semilla son de color blanco y cremoso, debido al bajo contenido de taninos el sabor no es astringente. El mucílago es de sabor dulce y tiene bastante aroma después de fermentado.

3.6.1.2 Forastero

Este grupo se conoce por menor calidad, al igual que los chocolates elaborados con sus granos, sus frutos se caracterizan por tener superficie lisa, de forma ovalada con surcos apenas visibles, de color verde pálido a blanquecino antes de la madurez. Los cotiledones de la semilla son de color morado o violeta oscuro, de sabor astringente o amargo por el elevado contenido de taninos. El mucílago es de sabor ácido y el aroma difícilmente se conserva después de fermentado.

3.6.1.3 Trinitario

El grupo de cacao trinitario está compuesto por una población heterogénea de diversas cruces entre cacaos criollos y forasteros. El fin de estos cruces fue obtener características intermedias entre los progenitores. El cacao heredó el delicado sabor del cacao criollo y la robustez del cacao forastero.

3.6.2 Clasificación de germoplasma según Montamayor

Montamayor y colaboradores (2008) hacen mención a la falta de explicación o diferenciación genética según la clasificación tradicional utilizada (criollo, forastero y trinitario), por lo que a través de marcadores moleculares (microsatélites), crearon una nueva clasificación, formando 10 grupos representativos, nombrados según la ubicación geográfica o cultivar tradicional más representativo: Marañon, Curaray, Criollo, Iquitos, Nanay, Contamana, Amelonado, Purús, Nacional y Guayana. Es una forma más precisa de representación el grupo clasificado tradicionalmente como Forastero abarcaba los germoplasmas ahora descritos como Amelonado, Criollo y Nacional. Por tanto, propone el uso de esta nueva clasificación para el manejo por parte de las personas cercanas al mejoramiento genético y explotación de recursos genéticos del cacao.

La (Figura 1) muestra la ubicación donde se recogieron originalmente las accesiones evaluadas, como se muestra la mayor diversidad se encuentra en el alto de amazonas, lo que concuerda con el supuesto origen de T. cacao.

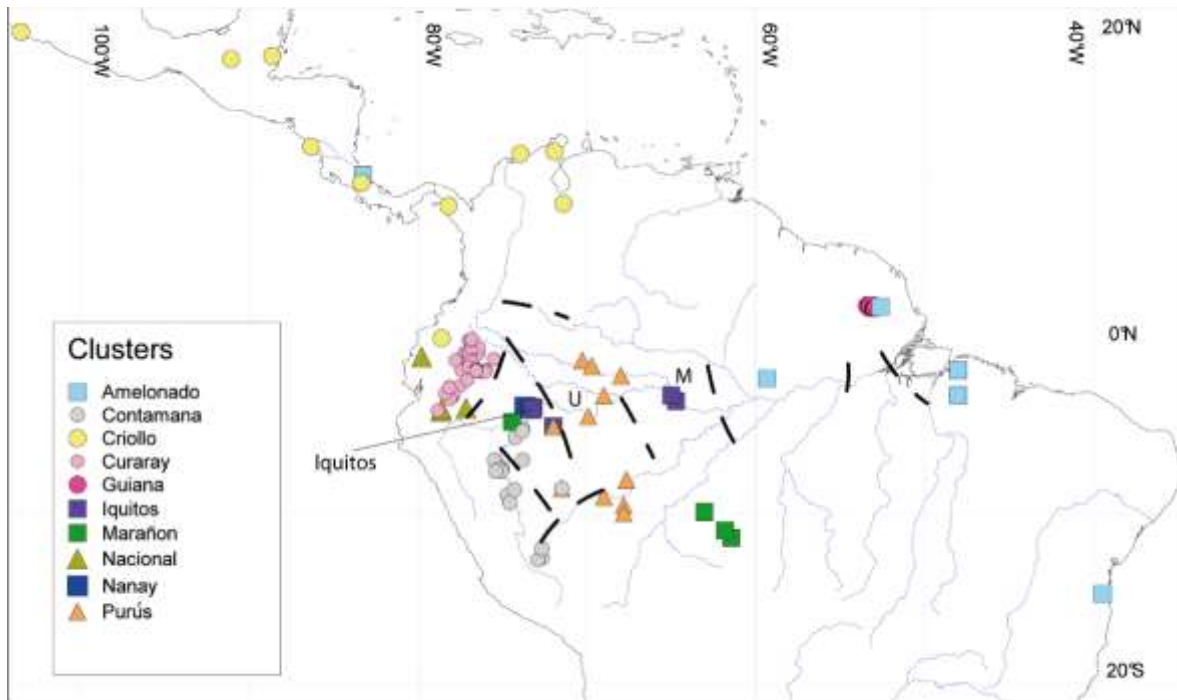


Figura 1. Origen de los individuos analizados según la nueva clasificación propuesta por (Montamayor *et al.* 2008)

3.7.Requerimientos ecofisiológicos para el cultivo de cacao

Dubón y Sánchez (2016), definen como factores ecológicos o ambientales con los procesos fisiológicos que la planta realiza para su crecimiento y desarrollo. Los factores edafoclimáticos interactúan con los aspectos ambientales y genéticos, sumado a esto el manejo agronómico que proporciona el hombre, considerado como un factor extrínseco que define el éxito de la explotación cacaotera. Los factores que más influyen en la producción son:

3.7.1 Temperatura

Zonas con temperaturas media anual de 26 °C con mínimas de 21 °C y mayores a 25°C son ideales en la formación de flores y maduración temprana de frutos (140 -165 días). Los extremos de temperatura definen los límites de altitud sobre el nivel del mar y latitud de las zonas aptas para el cultivo. Para el caso de Centroamérica las zonas aptas se encuentran hasta los 800 msnm a diferencia de áreas cercanas al Ecuador que las plantaciones se desarrollan y producen a altitudes de 1400 msnm. La región centroamericana está más lejos de la línea ecuatorial, zonas de vida bh – T (bosque húmedo tropical o bh – ST (bosque húmedo subtropical) son ideales.

3.7.2 Precipitación

El cacao demanda una precipitación anual de 1,800 a 2,000 mm bien distribuidos, arriba de este rango se debe considerar la elaboración de drenajes, por el contrario, por debajo de los 1,800 mm se debe considerar la implementación de riegos suplementarios.

3.7.3 Humedad relativa

La humedad adecuada es la que se mantiene entre 70% y 80%, humedad en el ambiente bajas provoca un desbalance hídrico (mayor transpiración foliar y menor absorción de agua), y humedad por arriba de 85 %, favorece a una alta incidencia de enfermedades como la mazorca negra y la moniliasis.

3.7.4 Suelos

Se puede decir que el cacao es un tipo de planta que prospera en una amplia diversidad de tipos de suelos, sin embargo, la selección de suelos con propiedades idóneas ayuda a obtener mejores rendimientos con baja intervención. en el cultivo de cacao requiere que los suelos sean muy ricos en materia orgánica, profundos de la serie de los francos (franco limoso,

franco arcillo limoso franco arenoso fino, etc.) con un buen drenaje y topografía regular o de pendiente moderada. De forma específica en el (Cuadro 2), se mencionan los requisitos óptimos de un suelo con cultivo de cacao. No tener estas condiciones no son limitantes en la producción o establecimiento de cacao, para tal caso se aplican correctivos o fertilizantes que modifiquen las propiedades volviéndose suelos eficientes y productivos.

Cuadro 2. Requisitos óptimos del suelo para el cultivo de cacao (Dubón y Sánchez 2016)

Característica	Rango óptimo
Ph	6.0 - 7.5
Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)	9 (mínimo aceptable)
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	12 meq/100 g de tierra fina (en el horizonte superior)
Saturación de bases	>34 % (horizontes superficiales)
Ca/Mg	4:1
(Ca/Mg) /K	30-40:1
Mg/K	2:1
Saturación de Ca	60 %
Saturación de Mg	15 %
Saturación de K	7 %

Fuente: (Dubón y Sánchez 2016)

3.7.5 Luminosidad

Como en la mayoría de plantas la luz es el precursor de la fotosíntesis, el cacao por su adaptación natural es una especie umbrófila, sin embargo, para obtener máximos rendimientos por unidad de área, se requiere de una sombra equilibrada, cuyo porcentaje a manejar está en consideración con la fertilidad del suelo. La radiación solar interfiere en los mecanismos fisiológicos de la planta y que puede ser controlado por medio de la manipulación (regulación) del sombrío.

3.7.6 Viento

Determina la velocidad de evapotranspiración del agua en la superficie del suelo y de las hojas de la planta. Plantaciones con vientos de 14-15 km/hora y con poca protección, es común observar defoliación fuerte. Para evitar la problemática de la pérdida de hojas se recomienda el uso de cortinas de árboles cortavientos, (barreras rompevientos) para disminuir la velocidad del viento y por ende daños por efecto mecánico o de carácter fisiológico.

3.7.7 Compatibilidad e inter-compatibilidad

La incompatibilidad es de tipo esporofítico, o sea que se debe a la interacción entre el genoma de la planta donadora de polen (2n) y el genoma del pistilo (2n). Este mecanismo de esta, involucrado a un locus simple con cinco (5) alelos múltiples y con el siguiente grado de dominancia: $S_1 > S_2 = S_3 > S_5$ y posteriormente un último alelo S_6 recesivo a los otros, independiente de un precursor de incompatibilidad. El citoplasma asociado con los gametos masculinos y femeninos contienen un precursor de incompatibilidad que es el grado por el alelo dominante S antes de las meiosis (control esporofítico), de tal manera por conjugarse el alelo dominante ($S_2 = S_3$), el precursor tiene grabaciones específicas y al conjugarse alelos similares determinan la no fusión (50%). Cuando ocurre la no fusión del 100% de los óvulos, se presume la existencia de un genotipo homocigoto para el alelo S . Cuando uno o ambos loci son homocigotos recesivos el precursor no puede ser grabado por el alelo S en el genotipo el cual es auto-compatible independiente de los alelos S (Becker, 2004) citado por (González 2018).

Cuando la flor de cacao recibe menos de 25 granos de polen o solo son fecundados menos del 50% de los óvulos, ocurre la marchitez del pepino, en este caso debido a factores genéticos (marchitez diferencial) (Aranzazu *et al.* 2008). (Maroto *et al.* 2017) menciona que, cuando las flores de una planta son debidamente polinizadas, con una efectividad mayor al 30% son autocompatibles; si son fecundadas con polen de la misma planta o por polen de flores del mismo árbol, e intercompatibles; cuando las flores son fecundadas con polen de otra planta. autoincompatibilidad si la flor no acepta su propio polen o polen de flores del

mismo árbol, e interincompatibles cuando la flor no puede ser fecundada con polen de otra planta en un porcentaje menor a 30 %.

La compatibilidad es una característica deseable porque facilita los cruzamientos y el cuajamiento de frutos y hace posible la siembra de clones individuales en áreas uniformes. Por el contrario, la incompatibilidad ha sido asociada a una menor producción (Phillips, 2008) citado por (Díaz y Urbina 2015: 11).

3.8. Propagación en cacao

3.8.1 Sexual

La propagación sexual es una forma fácil y muy utilizada en cacao. Consiste en utilizar semilla seleccionada de los árboles que presentan las mejores características productivas o de resistencia, a estos árboles se les llama árboles elites, árboles madres o productores de semillas, porque tienen mejores cualidades en cuanto a vigor, forma de desarrollo, producción y la resistencia a plagas y enfermedades. La semilla de cacao se produce a partir de la polinización natural de las flores de cacao. La flor es hermafrodita, posee ambos sexos. Por eso se dice que tiene ambos sexos: el masculino y el femenino. El masculino está formado por estambres que portan el polen. El órgano femenino es el pistilo, formado por el estigma, el estilo y el ovario. La función de las flores en la reproducción (Lutheran World Relief 2013).

3.8.2 Asexual

Es una técnica de reproducción de tejidos de cacao, se hace por medio de partes vegetativas (varetas) de una planta seleccionada, esta planta debe ser con muy buenas características:

vigor, productividad, tolerancia y/o resistencia a enfermedades. Los centros de hibridación y mejoramiento genético caracterizan molecularmente y refrendan sus características de autocompatibilidad e intercompatibilidad. Como resultado de las técnicas de injertación se obtiene un “clon”, lo que es una réplica exacta de la planta original. Los procedimientos más conocidos son: injertos, enraizado de ramillas y acodos (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) s. f.).

3.8.2.1 Injertación

Para la reproducción vegetativa en cacao la injertación es el método más utilizado, se recurre a esta práctica cuando se desea replicar la genética de los árboles que se han seleccionado, evitando así la variación en el comportamiento productivo, que normalmente ocurre con la propagación sexual (por semillas). Este método consiste en tomar una yema de la rama de un árbol seleccionado, y unirla a un patrón, que es una planta propagada por semilla (FHIA *et al.* 2005).

3.8.2.2 Acodo

Se puede multiplicar plantas de cacao por acodos aéreos que comúnmente enraízan con facilidad. Los brotes a utilizar pueden estar en floración, condiciones que no afectan a este tipo de propagación. En el proceso se quita un anillo de corteza de 2 a 4 cm de largo, y con ayuda de un pincel se aplica en el corte una fitohormona para enraizamiento, luego se cubre la parte descubierta con musgo húmedo sostenido con plástico transparente, y se amarran los extremos. Pasado un tiempo de 6 a 8 semanas se observa un sistema radicular desarrollado por tanto se procede a cortar el acodo por debajo del anillo. Como último paso se desinfecta el corte realizado, se podan las hojas, se quita el plástico y se trasplanta (Terán 2019).

3.8.3 Cultivo in vitro

La expresión in vitro de plantas, significa cultivar plantas dentro de un recipiente de vidrio en un ambiente artificial controlado. El cultivo de tejidos vegetales, consiste en un cultivo de plantas en un medio libre de microorganismos, aplicando soluciones nutritivas y fitohormonas, que desencadenan el crecimiento de raíces, tallos y hojas a partir de un fragmento de una planta (Gárate *et al.* 2020).

3.9. Enfermedades

Las enfermedades que se presentan a menudo en los cacaotales pueden presentar impactos negativos significativos en la producción y calidad del cacao. Afectando desde órganos o estructuras en específico hasta el árbol por completo de forma generalizada. Es necesario tener conocimiento de los agentes patógenos causantes del desarrollo de enfermedades, para prevenir de la mejor manera y priorizar las medidas de control en las fincas. Los problemas fitosanitarios son los factores principales que han favorecido la caída en la producción de cacao y la baja en la calidad del producto final. Entre ellos, las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos (Hebbar, 2007) citado por (Correa *et al.* 2014).

3.9.1 Moniliasis

Los primeros reportes auténticos del patógeno datan de 1917, Rorer envió muestras de frutos enfermos al Dr. R. E. Smith de la Universidad de California quien determinó que el agente causal era un hongo al que denominó Monilia. Ecuador se consideraba, entonces, como el centro de origen del patógeno (Evans *et al.*, 1981) citado por (Compañía Nacional de Chocolates 2019).

La FHIA (2003) menciona que para los años del 99 y 2000 cuando se reporta la enfermedad de la moniliasis en el territorio hondureño, afectando los frutos del cacao y su distribución por las principales zonas productoras. En una plantación de cacao no atendida técnicamente la moniliasis puede destruir hasta un 95% de los frutos.

El cacao es la planta hospedera de mayor preocupación económica. *Moniliophthora roreri* es un organismo hemibiótrofo con una fase biotrófica prolongada (45-90 días). Después del inicio de la fase necrotrófica, se producen masas de esporas en la superficie de la vaina, aparentemente de forma asexual. Las esporas se dispersan a través del viento, la lluvia y la actividad humana. Los síntomas de la fase biotrófica pueden incluir manchas necróticas y, en algunos casos, deformaciones en la vaina, aunque las vainas permanecerán sin síntomas aparentes. (Bailey et al. 2018, Leandro-Muñoz y Cerda 2021)

En la actualidad se desconoce el estado perfecto del hongo (sexual o teleomorfo), por lo que se cree que su reproducción se realiza asexualmente por conidias, las cuales son la única estructura hasta ahora conocida capaz de causar infección (Evans *et al.*, 2003) citado por (Sánchez y Garcés-Fiallos 2012).

La baja diversidad genética de *M. roreri* dentro de aislamientos de Venezuela, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras y Perú es consistente con una propagación rápida y reciente del hongo de una población fundadora común. La evidencia sugiere que las actividades humanas han sido la principal fuerza responsable de la dispersión de *M. roreri* a las nuevas áreas y países afectados (Phillips-Mora *et al.* 2007).

Las variables ambientales más influyentes en el desarrollo de la moniliasis son la lluvia y la temperatura. Cuando la humedad relativa y la temperatura se mantienen altas durante largos períodos, la incidencia de la enfermedad aumenta. Esto ocurre en condiciones de sombra excesiva, falta de ventilación y encharcamiento debido a la falta de drenajes, entre otros factores. La distribución desigual de la sombra también contribuye a la propagación de la

enfermedad. Los períodos prolongados de lluvia continua también favorecen la enfermedad, ya que permiten que el ciclo de vida del hongo se repita indefinidamente, lo que puede desencadenar una epidemia. (Maddison *et al.* 1995) citado por (Leandro-Muñoz y Cerda 2021).

FHIA (2012), describe que el ciclo del hongo tiene un período variable de 3 a 8 semanas, dependiendo de la edad del fruto, la severidad del ataque, la susceptibilidad del árbol y las condiciones climáticas. En las etapas tempranas de desarrollo (menos de tres meses), los frutos son más propensos a la infección y se vuelven gradualmente más resistentes. Los primeros síntomas son pequeños abultamientos o gibas en la superficie de la mazorca. Posteriormente, aparece una mancha café que se extiende rápidamente, y sobre esta mancha crece el micelio del hongo. Después de tres a siete días, se liberan esporas del tipo conidio (Figura 2).

En frutos de 3 a 4 meses, los síntomas incluyen puntos aceitosos que se unen rápidamente para formar la mancha café, junto con la presencia de micelio y esporas abundantes. En frutos más desarrollados (mayores a tres semanas), la mancha café cubre toda la superficie y se distingue por su forma irregular. Además, la madurez prematura es otro síntoma común. Es importante tener en cuenta que el daño interno causado por el hongo *Monilia* es más grave que el daño externo, ya que la mayoría de las almendras se pierden, sin importar la edad del fruto. (FHIA 2012).

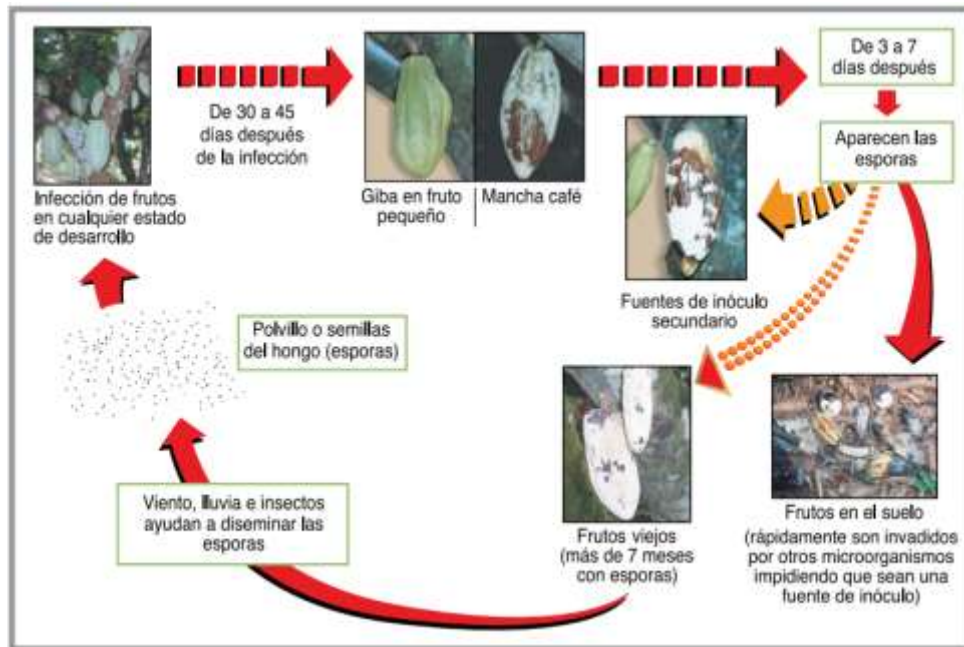


Figura 2. Ciclo de vida del hongo (*Moniliophthora roreri*)

Fuente: (FHIA 2012)

El control de enfermedades fúngicas en utilización de clones resistentes es, sin duda, la alternativa más atractiva para los agricultores ya que por este método se reducen drásticamente los costos de producción y se favorece el medio ambiente (Johnson *et al.*, 2008; Solís *et al.*, 2009) citado por (Correa *et al.* 2014).

Un estudio realizado por Ali *et al.* (2014) determinó que la infección por *Moniliophthora roreri* provoca un gran cambio en las vías de señalización de las hormonas vegetales. Los genes involucrados en las vías mediadas por ácido abscísico (ABA), jasmónico (JA), etileno (ET) y salicílico (SA) fueron inducidos en los clones tolerantes, mientras que las vías brasinoesteroides (BR) y ácido giberélico (GA) fueron reprimidas. También observaron cambios en las vías metabólicas. Con un análisis de ontología génica dedujo una inducción de varios genes relacionados con la muerte celular y la senescencia en los clones tolerantes, mientras que los genes para el fotosistema I y II y el ciclo celular fueron reprimidos. Resulta

que los clones tolerantes detectan temprano el patógeno biotrófico e inician la muerte celular programada, cerrando muchas actividades metabólicas regulares. Los mecanismos moleculares regulados diferencialmente entre clones tolerantes y susceptibles revelaron que varios genes sensibles al elicitor son inducidos en clones tolerantes, lo que sugiere la detección temprana del patógeno por parte de la planta y la inducción de la respuesta de defensa a niveles bajos de carga fúngica.

3.9.2 Mazorca Negra

Existen cerca de 80 especies dentro del género *Phytophthora* que producen enfermedades con diversidad de síntomas en diferentes especies de plantas. *Phytophthora* produce dos tipos de esporas diseñadas para sobrevivir a largo plazo: las clamidosporas y las oosporas; la diferencia principal entre los dos tipos es el origen asexual de las clamidosporas (esporas clonales), mientras que las oosporas resultan de la recombinación sexual. Bajo condiciones propicias; alta humedad, un fruto enfermo puede llegar a producir hasta cuatro millones de esporangios (Rodríguez y Vera 2015).

La vía más común de infección es por medio de esporas que tienen la capacidad de nadar, las cuales se activan cuando hay mucha humedad y se da un periodo de baja temperatura seguido por otro caliente. Las esporas son transportadas por el salpique de lluvia, las corrientes de agua, el viento, las hormigas, etc. El contacto directo entre los frutos sanos y enfermos también es una fuente importante de contagio (Phillips y Cerda 2009).

Jaimes y Aranzazu (2010) citado por España (2019), detalla que el inicio del proceso de infección depende en gran medida de las condiciones ambientales, la humedad relativa alta y las bajas temperaturas, características de la época de lluvias, son favorables para la liberación de las zoosporas del esporangio y su dispersión. Los vehículos de dispersión de la enfermedad son: la salpicadura de la lluvia; la escorrentía, que transporta en la corriente del agua las zoosporas y permite la dispersión del patógeno hasta 2 metros y también el viento

moviliza las zoosporas atrapadas en micro gotas de agua, las cuales pueden ser transportadas hasta 12 metros de distancia. Después de su liberación, las zoosporas responden a estímulos generados por el hospedero y a los 20 y 30 minutos se enquistan en el material vegetal.

Medeiros (1974) citado por Marchan (2022) manifiesta que esta enfermedad presenta una mancha de color chocolate de forma casi circular, llegando a extenderse entre 7 a 10 días por toda la superficie, hasta envolver el fruto, estas características presentadas por esta enfermedad se asemejan a las causados por moniliasis, pero con bordes bien definidos. Las pérdidas causadas por esta enfermedad pueden fluctuar de 20 a 30%, si no existe control las mazorcas infectadas se pudren en un plazo de 10 a 15 días (Maldonado 2015).

3.10. Sistema Agroforestal

Somarriba (2007) citado por (Saquicela 2017: 8), hacen mención a cinco tipologías básicas de SAF con cacao: 1) cacao bajo sombra monoespecífica, como *Inga spp.* o *Cordia alliodora*; 2) cacao bajo sombra de dos estratos, una mezcla de frutas (*Citrus spp.*, *Bactris gasipaes*, *Nephelium lappaceum*), leguminosas y maderables; 3) cacao intercalado con banano y frutales bajo una sombra monoespecífica de maderables o leguminosas; 4) huertos caseros diversificados con cacao, frutales, madera y leguminosas y 5) cacao rústico, conocido como cabruca, que consiste en cacao sembrado debajo de bosque natural raleado.

Dubón y Sánchez (2016), indican que los tipos de especies sombreadoras asociadas con cacao, incorporan diversos componentes agrícolas y forestales que promueven la sostenibilidad. En el transcurso de vida de las plantaciones de cacao, se establecen diferentes tipos de sombra: 1) Sombrío temporal; se utiliza para proteger las plantas jóvenes, son especies que desaparecen de la plantación, se establecen especies comerciales que además de una buena sombra genere ingresos a los productores. 2) Sombrío semi-permanente; es el enlace entre la sombra temporal y la permanente, también se elimina gradualmente según el

crecimiento de especies maderables, generalmente se debe utilizar especies leguminosas que mejoran el suelo.3) sombra permanente; lo conforman especies maderables u otros, se debe establecer 6 meses antes de trasplantar el cacao, es la sombra que brinda condiciones favorables durante toda la etapa productiva del cacao y además representa un seguro y bono económico para el productor.

Los SAF muestran efectos positivos en los ingresos para las familias productoras de cacao, sin embargo, es necesario seleccionar bien los componentes que conformaran el sistema según los objetivos de producción. Ramírez-Argueta y colaboradores (2022), mencionan que los ingresos totales que registraron en SAF, fueron determinados por la proporción de ingresos proporcionados por cada componente del sistema agroforestal de cacao basado en madera evaluado. También hace mención a el área basal de madera como indicador, y recomienda hacer correctivos en la densidad de árboles y los eventos de aclareo en parcelas de cacao bajo sombra con el objetivo de producir rendimientos aceptables de cacao y producción de madera.

Cerda *et al.* (2014) exponen que en un 35% de los CAFS muestran un ingreso neto positivo, algunos países son Nicaragua 60% de las fincas, seguido de Guatemala (56%), Honduras (26%), Panamá (18%) y Costa Rica (17%), también determinó que en todas las fincas existen ingresos económicos directos, además, la involucración de mano de obra familiar. Los SAF muestran una diversidad de beneficios. En Centroamérica existe una gran diversidad de especies forestales asociadas con cultivos. Para el dosel de sombra de cacao más simple con el menor número de especies, se encontró en Alta Verapaz, Guatemala (43 especies), y el más rico en ambos Panamá (110 especies) y Honduras (105). El uso principal fue variable entre las áreas de cultivo, pero teniendo en cuenta el medio centroamericano: fruta consumo, producción de madera y leña, y finalmente el sombreado fueron los usos más comunes.

3.11. Mejoramiento Genético

De manera general, el mejoramiento genético del cacao a nivel global está dirigido a alcanzar grandes objetivos. Uno que busca la obtención de variedades con mayor rendimiento para superar el problema de la baja productividad mundial por unidad de superficie, unos 300 kg por hectárea al año, y ante una demanda en constante crecimiento. Otro objetivo es obtener ganancias con el aumento de resistencia a las enfermedades y plagas, las cuales destruyen más de un tercio de la producción potencial de cacao (FAO, 1988) citado por (Tarqui 2020).

3.12. Beneficiado del cacao

Los tratamientos de poscosecha son fundamentales para lograr la calidad final del grano. Aunque se tenga un material genéticamente apto para un perfil sensorial sobresaliente, un mal proceso de poscosecha lo dañaría; por el contrario, un material considerado de bajo perfil sensorial, con un buen proceso poscosecha, llegaría a ocupar puestos sobresalientes en el tema sensorial (Cerón *et al.* 2020: 99).

La calidad del grano es la calificación que dan los países compradores de cacao debido a su apariencia, grado de fermentación, humedad, este concepto de calidad difiere al de la calidad organoléptica debido a que algunos compradores buscan solo características externas del grano que no siempre se relaciona con un buen sabor del chocolate Moreira (1994) citado por (Mundaca 2016).

La calidad del cacao se manifiesta a través de las características físicas (tamaño, peso, grosor de cáscara, color, contenido de grasa) y las características organolépticas de las almendras. El sabor, determinado por el gusto y el aroma refleja los efectos combinados del genotipo,

de los factores edafoclimáticos, del manejo agronómico recibido en la plantación y de la tecnología postcosecha utilizada (Amores *et al.* 2007) citado por (Soraya 2009). Desde el punto de vista de Zambrano *et al.* (2010), los cacaos pueden ser genéticamente iguales, pero las diferentes condiciones edafoclimáticas condicionan ciertos parámetros, tales como: polifenoles, contenido de purinas totales, grasa, azúcares y pirazinas.

Escobedo (2013), menciona que la calidad del cacao es el punto clave para competir en los mejores mercados, por ende, es necesario elevar la calidad a través de un buen material genético y un buen proceso de beneficiado, este último es muy poco utilizado por los productores. La calidad final de un grano fino de cacao depende de los siguientes factores: 50 % genética del cacao, 20 % poscosecha o proceso de beneficio, es decir, fermentación y secado apropiados, 25 % transformación (tostado y conchado) y 5 % suelo y estación (Gutiérrez, 2013) citado por (Cardona *et al.* 2016).

Mundaca (2016) señala que; los requisitos de calidad del grano están fijados según la Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), los cuales son:

- Peso medio del grano superior a 1 gramo
- Cutícula suelta, entera y fuerte.
- Contenido graso superior a 50 %
- Acidez de la grasa 1.5%
- Punto Fusión 31°C
- pH 5.2
- Humedad de almendra seca no superior al 8 %

3.13. Fermentación

Rodríguez-Velázquez *et al.* (2022), mencionan que la fermentación se considera como el paso más importante en el proceso de transformación del cacao a chocolate en donde los microorganismos juegan un papel fundamental. Cardona *et al.* (2016) cita a Afoakwa, Kongor, *et al.* (2013), donde señala que la fermentación del cacao es una operación comprendida en dos etapas: una anaeróbica donde las levaduras y bacterias ácido-lácticas predominan en el medio y metabolizan los azúcares y el ácido cítrico presente en el mucílago, generando ácido acético y etanol, la otra etapa es aerobia, ya que es necesario realizar volteos a la masa para favorecer la aireación y en consecuencia incrementar la proliferación de bacterias ácido-acéticas.

El crecimiento microbiano está determinado por la temperatura de fermentación, que a su vez está influenciada por la temperatura ambiental (García *et al.* 2021). También Rosero (2021) evidenció que los microorganismos están ampliamente distribuidos dependiendo la etapa fermentativa, al ser indispensables para la degradación del grano junto con el embrión, ya que, en el proceso se generan enzimas endógenas y se liberan compuestos como polifenoles y alcaloides, lo que favorece las características organolépticas del producto.

3.14. Caracterización morfológica

Hidalgo (2003) define a un descriptor como una característica o atributo que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una accesión. Son aplicados en la caracterización y evaluación de las accesiones, por su utilidad en la expresión y diferenciación de atributos de manera precisa y uniforme, lo que simplifica la clasificación, almacenamiento, y el uso de los datos. Los órganos más importantes para la descripción morfológica son aquellos que

están menos influenciados por el ambiente; los más importantes son; la flor y el fruto en importancia decreciente las hojas, tronco, ramas, raíces y los tejidos celulares (Enríquez 1991) citado por (July 2007). La caracterización morfológica es muy útil para la identificación de árboles fuera de tipo. (Pérez Zuñiga 2009). La caracterización de los germoplasmas de cacao aporta el conocimiento general de los materiales existentes en cada zona y su comportamiento en condiciones de cultivo Carvalho, *et al.* 2012 citado por (Quevedo Guerrero *et al.* 2022).

3.15. Manejo Agronómico del cacao en sistema agroforestal

El manejo brindado al cacao es un factor determinante en el éxito de la producción, siendo este el principal diferenciador entre los cacaotales muy productivos de los sistemas infructuosos. FHIA (2018) como ente investigador y su vasta experiencia en el cultivo de cacao bajo sistemas agroforestales recomienda el manejo en las siguientes etapas:

3.15.1 Vivero

Para obtener patrones de cacao se siembra semillas de frutos recién cosechados en bolsas de 7" x 10", rellenas de sustrato en proporción 3:1; tierra negra y materia orgánica (compost, casulla de arroz, cáscara de cacao descompuesta y colada, etc.), Las semillas acomodan acostadas o con el punto de germinación hacia abajo, para cubrir con una capa de aserrín de madera de 2 a 3 cm de espesor.

3.15.2 Preparación del terreno

Se debe realizar una chapia general del terreno, seguido de un trazado, estaquillado para cacao, que sirva como referencia para marcar los sitios de sombra provisional, intermedia y permanente (especie maderable establecida con 7 a 8 meses antes del trasplante de cacao).

3.15.3 Densidad de siembra

Para el caso del cultivo de cacao, la topografía del terreno con el que se cuenta determina el distanciamiento a utilizar, para terreno plano se utiliza un marco de plantación en cuadro con distanciamientos de 3 m x 3 m teniendo una densidad de 1,111 plantas por hectárea y se utiliza tresbolillo con distancia de 3 m x 3 m x 3 m en terrenos con pendientes obteniendo 1,275 planta/ha.

3.15.4 Trasplante

Una vez adecuadas las condiciones de sombrío se procederá al trasplante del cacao. La época más recomendable para el trasplante del cacao es cuando las lluvias están bien establecidas comenzando el invierno.

3.15.5 Manejo de malezas

En los primeros años de desarrollo de la plantación se recomienda 4 chapias distribuidas al año, con 2 a 3 comaleo o limpias en contorno de las plantas para aplicar abono, procurando cubrir con hojarasca luego de fertilizar para una mayor absorción manteniendo la humedad y evitando volatilización. De 5 años en adelante cuando la planta está completamente desarrollada el control de malezas disminuye por el aumento de biomasa que genera el sistema. la cobertura vegetal muerta hará un control.

3.15.6 Podas en cacao y silvícolas

Las podas en cacao obedecen al tipo de manejo que se quiere brindar, existiendo las podas de formación; tiene como finalidad lograr una apropiada estructura productiva, buscando un balance entre el crecimiento vegetativo con el reproductivo. Desde los 16 meses hasta los 2 años de establecidos, se busca facilitar labores culturales, evitar ambientes favorables en reproducción de enfermedades y regular la luz que entra al árbol. Poda de mantenimiento; destinada a plantas injertadas, tiene el objetivo de conservar la forma o estructura adquirida durante los primeros años con la poda de formación, comprende la etapa de realce de copas, bajar altura del árbol y abrir o aclarar la copa.

La poda de mantenimiento se realiza 2 veces al año. En cacao una práctica importante que acompaña las podas es el deschuponado, este se realiza 6 a 8 veces cada año. En las especies maderables se sugiere la eliminación de ramas o bifurcaciones en los primeros 10 m para favorecer el crecimiento recto sin defectos del fuste, dejando la rama de mayor vigor con el objetivo de generar más ingresos a largo plazo por la venta de madera.

3.15.7 Regulación de sombra

La sombra provisional es muy importante debido a la alta demanda de sombra en los primeros 3 años de crecimiento y desarrollo del cacao, por lo que se recomienda especies de rápido crecimiento establece de 6 a 7 meses antes que el cacao, algunas de las alternativas son plátano (*Musa AAB simmonds*), yuca (*Manihot sculenta*), papaya (*Carica papaya*) entre otros. Este tipo de sombra debe de irse eliminando gradualmente.

Sombra intermedia, este tipo de sombra sirve de puente entre la sombra temporal que se elimina al tercer año y la sombra permanente (especies maderables de alto valor económico), la duración va desde los 8 hasta los 10 años, generalmente se utilizan especies de la familia

de las leguminosas que mejoran las características del suelo como ser: Madreado (*Gliricidia sepium*), Guachipilín (*Diphysa robinoides*), Leucaena (*Leucaena leucocephala*), Guama (*Inga sp*), gualiqueme (*Erythrina berteroana*), etc. Se debe hacer una regulación de sombra a partir del tercer año, consiste en eliminar ramas bajas y realzar la copa, en el cuarto año se realiza un descope del 50% de los árboles trabajando por hileras alternas. A medida que el cacao crece demanda luz por lo que se pueden realizar raleos gradualmente también en hileras alternas.

Para las especies forestales denominada sombra permanente se utilizan especies de madera fina de alto valor, estos se establecen 6-7 meses antes del trasplante de cacao, de forma simultánea con la sombra intermedia, este tipo de sombra es una forma de brindar mejores condiciones al cacao impidiendo la radiación solar directa, brindando microclimas especiales, retención de humedad entre otras condiciones de favorables en el desarrollo del cultivo, además es una alternativa de ingresos económicos a largo plazo, la mayoría de especies forestales utilizadas en sombra permanente se cosechan a los 25 años, ejemplos: Granadillo rojo (*Dalbergia glomerata*), caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrella odorata*), Marapolán (*Guarea grandifolia*), etc. Se deben realizar raleos en forma sistemática del 50% aproximadamente a los 12 años de establecido, el segundo raleo del 25 % de la población inicial se hace a los 15-16 años de edad, procurando dejar unos 25 árboles (FHIA 2018).

3.15.8 Nutrición

La nutrición del cacao en sistemas agroforestales es compleja porque gran parte del abono aplicado es aprovechado por el maderable. Lo más aconsejable es seguir las recomendaciones de los resultados de suelo y análisis foliar. Según investigaciones la FHIA recomienda el plan de fertilización (Cuadro 3).

Cuadro 3. Nutrición en cacao bajo sistema agroforestal para producir de 0.8 a 1 kg/cacao seco/planta/año, recomendado por la FHIA.

Edad	Dosis/planta	Demanda N-P-K	Intervalo
1 – 2 años	3 onzas	15-15-15	Cada 4 meses después de trasplante
3 años en adelante	14 onzas	60-30-60 (7 onz de Nitrato de Amonio, 3 onz de súper fosfato triple y 4 onz de cloruro de potasio)	Demanda dividida en 2 aplicaciones al año

Fuente. Adaptado de (FHIA 2018)

3.15.9 Manejo de enfermedades importantes

La mazorca negra (*Phytophthora sp*) y moniliais (*Moniliophthora roreri*) son las enfermedades que representan mayor importancia económica en los sistemas de producción de cacao, alcanzando del 10 a 20 % de pérdidas a nivel mundial en mazorca negra (Porras y Sánchez . 1991), la moniliais con pérdidas estimadas en 80% de la cosecha anual (CropLife Latin America s. f.).

3.15.9.1 Moniliasis

En plantaciones ubicadas en zonas húmedas y sin un manejo adecuado del cultivo, es frecuente observar pérdidas muy altas, sin embargo, bajo condiciones de manejo óptimas, los daños se disminuyen considerablemente a niveles inferiores al 8%. Una mazorca esporulada ubicada a una altura de dos metros es capaz de infectar al 40% de las mazorcas vecinas que estén a 20 metros de distancia. Para evitar la incidencia de moniliasis en las fincas es necesario disminuir los niveles de sombreamiento en caso de haber exceso, Poda de árboles, disminuyendo la altura para facilitar el alcance de frutos enfermos, cosechar semanalmente y eliminar frutos con síntomas para evitar la dispersión de esporas (Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) 2012).

El uso de fungicidas para el control de la enfermedad resulta poco efectivo y sobre todo poco rentable, se debe realizar un análisis entre la relación beneficio costo, que justifique el uso de agroquímicos, en caso de ser necesario realizar 6 aplicaciones una cada 14 días cuando los frutos tengan 15 días de edad (Aspersiones directas a los frutos), productos a base de cobre como Kocide-2000 o óxido de cobre como el Cobre Sandoz. Otros fungicidas como Bravo-500 o Phyton (orgánico) han resultado aceptables como complementos a las prácticas culturales (FHIA 2003).

3.15.9.2 Mazorca Negra

Esta enfermedad ataca diferentes estructuras de la planta como ser raíces, hojas, tallos, frutos y ramas de cacao. A nivel de vivero se presenta en las épocas lluviosas y de baja temperatura se producen daños severos en las hojas jóvenes por el hongo del género *Phytophthora*, comúnmente conocido como “hielo”, el cual se previene con fungicidas a base de cobre de bajo impacto en dosis de 2 onz/20 litros más 2 ml de adherente alternando los fungicidas (FHIA 2018).

En plantaciones adultas la incidencia es más notoria en los frutos, se recomienda efectuar podas, recolección semanal de frutos sanos y enfermos, garantizar una buena nutrición y regulación de sombra, como prácticas culturales. Para el caso de daños en el tronco realizar cirugías hasta dejar tejido sano posterior a esto aplicar una pasta cicatrizante (Ridomil 1 cucharada/litro de agua repetir a los 15 días). Como control químico se puede aplicar productos cúpricos en dosis de 9 2g/litro, cada 20 días cuando los frutos tienen aproximadamente 120 días (ICA 2012).

3.15.10 Cosecha

Se cosechan las mazorcas maduras y sanas, las cuales se parten para abrir y extraer el grano. Para mantener la calidad ideal del grano en baba se debe desechar la mazorca vacía, cáscara o concha, granos con defectos y la placenta también llamada corazón, tripa o vena. Para el partido de las mazorcas se seleccionan las que se han cosechado recientemente, del mismo día o máximo de dos días (48 horas) de cosechada, el sitio donde se recolectan y se parten las mazorcas debe permanecer limpio antes y después de realizar esta labor, es oportuno realizar la inspección y selección del grano, separando aquellos que no cumplan con los criterios de calidad. Se deben retirar y eliminar las mazorcas defectuosas, así como los granos germinados, mohosos, enfermos y dañados. Es fundamental mantener la calidad e inocuidad del cacao en baba durante el traslado, desde el punto de extracción hasta el lugar donde están los cajones de fermentación (Aguilar 2017).

3.15.11 Beneficiado

Aguilar (2017) menciona que el beneficiado en cacao comprende dos etapas: fermentación y secado. Para cumplir con las condiciones que exigen los mercados es necesario el desarrollo de procesos que generan los precursores químicos (sustancias indispensables para la presencia de aromas y sabores deseables) para hacer chocolate fino y de aroma.

3.15.11.1 Fermentación

Consiste en colocar el lote de granos de cacao en baba recién extraídos de la mazorca en cajones de madera. Cada cajón lleno debe taparse con hojas de plátano u otro material, aproximadamente por 5 días, durante este tiempo aparecen de forma espontánea microorganismos que fermentan el grano, suceden cambios químicos y físicos que aumentan la temperatura. Los cajones deben resguardarse en áreas o cuartos adecuados para la fermentación (evitar efectos de lluvia o vientos fríos). El cajón debe ser llenado dejando una distancia de 5 o 10 cm del borde superior. En los primeros dos o tres días de fermentación el exceso de baba debe escurrir de forma natural, por los orificios hechos en el fondo del cajón.

Los volteos consisten en mover los granos de un cajón a otro para oxigenar a masa y redistribuir los granos en la misma, el volteo debe hacerse cada 24 horas, se recomienda volteos al medio día en velocidad constante, aproximadamente de 15 minutos por cajón de 320 kg. El final de fermentado lo determina la prueba de corte en húmedo; porcentaje de granos fermentados óptimos. Si la fermentación se prolonga se desarrollan bacterias de putrefacción peligrosas para la salud de las personas.

3.15.11.2 Secado del cacao

Terminado el proceso de fermentación inmediatamente se debe iniciar con la etapa de secado, sacar los granos del cajón para extenderlos en la superficie para secado (tablas de madera, esteras de bambú o caña brava) donde se enfriará, perderá el agua y ácido acético y algunos compuestos astringentes (provocan la sensación de sequedad y amargura en la boca). Este proceso es lento y puede tardar cinco o más días. Si la fermentación continua en granos húmedos o parcialmente despulpados en el área de secado, aumenta la formación de ocratoxina. Los espacios de secado deben estar libres de sombra, ventilados y deben ser amplios para que facilite la remoción de granos; actividad que evita el desarrollo de levaduras, bacterias y mohos ejecutarse cada 20 a 30 minutos. El secado finaliza cuando el grano alcanza el grado de humedad solicitado por el mercado, generalmente oscila entre un 7.5 a 6.5 %, si la humedad es mayor existe un alto riesgo de desarrollo de microorganismos dañinos, por el contrario, si posee humedad por debajo de los rangos mencionados se detecta mayor ranciedad (sabor desagradable) por aumento de la tasa de oxidación de las grasas.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1.1. Caracterización de la zona de estudio

La investigación se desarrolló en el municipio de La Masica, departamento de Atlántida, específicamente en el Centro Experimental y Demostrativo de Cacao-Jesús Alfonso Sánchez (CEDEC-JAS), en las siguientes coordenadas: 15.65°N, 87.10°W a una altitud de 20 msnm. Esta es una zona de vida de bosque húmedo tropical (Bh-t) según Holdridge. La FHIA (2020) menciona, que las mayores temperaturas bajo las condiciones de CEDEC-JAS, van de mayo a septiembre, superiores a los 27 °C, mientras que diciembre y enero registran los valores más bajos, alrededor de los 23 a 24 °C. En cuanto a la precipitación existe un promedio histórico desde 1986 hasta la fecha que ronda en 2,938 mm de lluvia anual.

Se levantaron datos entre los meses de mayo del 2022 a enero de 2023 llevando a cabo actividades en el CEDEC-JAS como también en el Laboratorio de protección vegetal de la FHIA en el municipio de la Lima, departamento de Cortés.

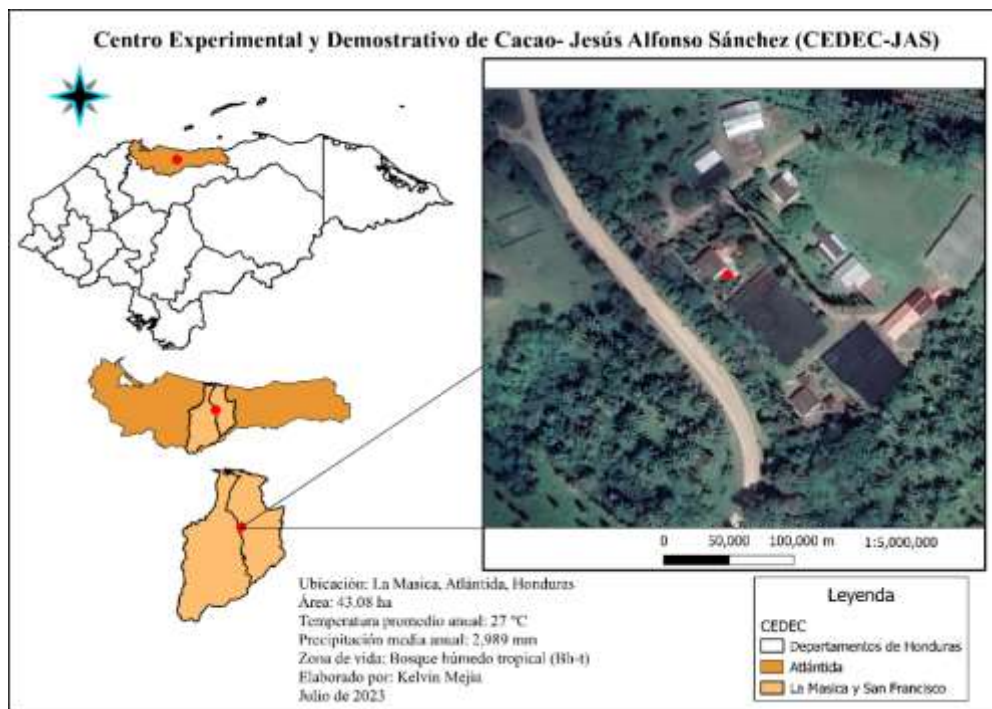


Figura 3. CEDEC-JAS, La Masica Atlántida.

4.1.2. Material experimental

Como antecedente los materiales descritos corresponden a clones de cacao seleccionados por la FHIA, producto de semilla híbrida, provenientes del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica. Presumiblemente de cruza entre materiales promisorios que habían mostrado resistencia al patógeno *Moniliophthora roreri*, y alta productividad (Dubón y Sánchez 2007).

Dubón y Sánchez (2008), mencionan que la FHIA en marzo de 1999 recibió del CATIE, un grupo de 766 semillas procedentes de 29 cruces, con el objetivo recolectar información y ver su comportamiento agronómico para posteriormente realizar una selección de materiales sobresalientes.

Los clones sobresalen en características deseables como ser productividad, resistencia genética a moniliasis y mazorca negra además muy buenas características de fineza. Para la selección de clones promisorios hubo un gran trabajo por el personal de la FHIA, como ser: manejo agronómico, registro y análisis de datos recolectados de más de 20 años.

4.1.3. Primera etapa: evaluación y selección a nivel de progenie

Los registros fueron periódicos (semanales en época de lluvia y picos de cosecha y quincenales en época de poca cosecha y menos lluvia). Pasados tres años de desarrollo vegetativo se empezaron a recolectar datos de frutos sanos, y enfermos (monilia y mazorca negra). Los materiales que mostraban muy buenos resultados se multiplicaron usando patrones recomendados como el UF-29, Pound-7, IMC-67, EET-400, EET-399, Pound-12, SPA-9 y UF-613 para evitar pérdidas accidentales (Dubón y Sánchez 2007).

La toma de datos comienza después de tres años de trasplante durante tres años, de esta forma se obtienen datos confiables para poder seleccionar materiales promisorios en cuanto a incidencia de frutos enfermos bajo condiciones de inóculo natural y cosecha de frutos sanos. Además, una caracterización en aspectos relacionados a producción como Índice de fruto, Índice de semilla (Dubón y Sánchez 2007).

4.1.4. Segunda etapa: evaluación y selección de los clones más promisorios

Los resultados de doce años de registro (primer grupo recibido) permitió seleccionar 18 progenies promisorios en tolerancia a moniliasis (incidencia promedio de monilia 3.4% bajo inóculo natural) como por su producción total de frutos sanos (un promedio de 45 frutos por árbol al año que equivale a 2.6 kg/árbol en base a índice de fruto general del CEDECJAS). A partir de julio de 2013, se establece un ensayo clonal con 18 cultivares, 24 plantas por

tratamiento distribuidas en 4 repeticiones, en parcelas con sombra de granadillo rojo establecido en 1996 (tratamiento de reemplazo por coco en un ensayo ya concluido “Especies de sombras no tradicionales en cacao”) (Dubón y Sánchez 2014).

Siguiendo los pasos de la estrategia de mejoramiento genético que utiliza la FHIA adoptada del CATIE, la segunda fase tuvo el fin de evaluar variables como: Rendimiento, Incidencia natural y artificial de moniliasis y mazorca negra, Índice de frutos, Índice de semilla, compatibilidad, características sensoriales para conocer el comportamiento de los materiales provenientes de cruas inter-clonales para ser recomendados para siembras futuras por su potencial productivo y resistencia a moniliasis (Dubón y Sánchez 2014).

Después de tres años se empezó con el registro de datos, y en el 2022 se seleccionaron 9 de los clones que sobresalían en características deseables con muy buena producción y resistencia genética a enfermedades de forma constante (Cuadro 4).

Cuadro 4. Materiales seleccionados del lote “18 cultivares” por su excelente comportamiento agronómico.

No. Tratamiento	Nomenclatura	Progenitores
2	FHIA-65	ARF-22 x UF-273
6	FHIA-276	UF-712 x PA-169
7	FHIA-310	ARF-22 x UF-273
8	FHIA-330	UF-273 x P-23
10	FHIA-515	UF-273 x P23
11	FHIA 533	ARF-22 x ICS-43
11	FHIA-612	CC-137 x ARF-37
14	FHIA-677	ICS-95 x ARF-22
18	FHIA-741	UF-712 x PA-169

Para completar el listado de clones evaluados (seis clones restantes), siempre del primer lote de semillas (766) provenientes del CATIE, se realizó la selección de árboles que muestran características de “fineza” (más del 30 % de almendras color blanco o crema). En el 2009 se clonaron 26 materiales obtenidos de familias interclonales del “lote 14”. Los materiales

seleccionados, se establecieron en el lote con la especie maderable “Marapolán (*Guarea grandifolia*)” que adicionalmente fueron plantaros otros materiales genéticos que también mostraban almendras blancas, haciendo un total de 37 clones en todo el lote, ordenados en hileras continuas a 3 m x 3 m de distancia, teniendo un total de 27 plantas por hilera, bajo un sistema agroforestal con sombra de marapolán a distancia de 18 x 18 m. La toma de datos como menciona la estrategia de mejoramiento comienza después de tres años de establecido, el rendimiento en frutos por árbol se tomó hasta el año 2018 (Dubón y Sánchez 2016).

Cuadro 5. Materiales genéticos de cacao seleccionados del lote “Marapolán”

Nomenclatura	Progenitores
FHIA-32	PA-169 x P-23
FHIA-168	PA-169 x P-23
FHIA-359	UF-273 x P-23
FHIA-478	UF-712 x P-23
FHIA-483	CC-137 x ARF-37
FHIA-513	UF-273 x P-23

4.2. Materiales y equipo

Libreta de campo, estereoscopio, vernier, cinta métrica, hematocitómetro, peachímetro, penetrómetro, refractómetro, regla graduada, pinzas, bisturí, bolsas de polietileno transparentes, mallas metálicas protectoras, balanza analítica, molino de alta velocidad de aspa, platos Petri, frasco aspersor, microscopio, estereoscopio, pincel y masking tape.

4.3. Manejo del experimento

La parcela experimental “18 cultivares” fue establecida en el año 2014 bajo sombra de granadillo rojo a una distancia de 9 x 12 m, y la parcela denominada “marapolán” por su especie maderable establecida que está a una distancia de 18 x 18 m, las densidades en plantas de cacao fueron similares establecidas a 3 x 3 m en cuadro.

En ambas el cultivo se desarrolló durante tres años previos a las primeras evaluaciones que consistieron en registros de cosecha, tolerancia a enfermedades y compatibilidad sexual. Toda la información obtenida suma a una base de datos que año con año se han tomado, que sirven para estimar índice de mazorca, índice de semilla, entre otras variables de calidad para hacer proyecciones de rendimiento.

Las plantaciones estuvieron bajo actividades agronómicas como: podas (2 veces al año), control de malezas (cada 3 meses), fertilización; de acuerdo a análisis de suelo ajustándose a que reciba 75-45-75 NPK por hectárea en su forma oxidada.

4.4. Factor bajo estudio

Los clones de cacao resultan ser el factor bajo estudio, tomando en cuenta las diferentes variables de respuesta: descriptores agronómicos (productividad y sanidad), morfológicos (hoja, brotes, flor, fruto y semilla), postcosecha (características organolépticas) y los parámetros relacionados con los rendimientos.

4.5. Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA), con 9 tratamientos y 4 repeticiones, teniendo 6 plantas por tratamiento en la parcela de 18 cultivares. En la parcela

de “Marapolán” está establecida en hilera por lo que se dividió en 4 repeticiones dejando una planta en cada extremo y una en el centro como efecto de borde, con la intención de que ambos lotes tengan la misma cantidad de plantas por unidad experimental. Los tratamientos fueron seleccionados por la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, los cuales se pueden observar en el (Cuadro 6).

Cuadro 6. Lista de materiales genéticos seleccionados y desarrollados por la FHIA que conforman el descriptor varietal

Tratamiento	Descripción (Materiales)
1	FHIA-65
2	FHIA-276
3	FHIA-310
4	FHIA-330
5	FHIA-515
6	FHIA-533
7	FHIA-612
8	FHIA-677
9	FHIA-741
10	FHIA-32
11	FHIA-168
12	FHIA-359
13	FHIA-478
14	FHIA-483
15	FHIA-513

4.6.Unidad experimental

Cada unidad experimental está constituida por 6 plantas, bajo un marco de plantación de 3 x 3 m, con un área de $9m^2/planta$, Obteniendo una densidad de plantación de 1,111 plantas/ha.

4.7. Variables de estudio

4.7.1. De la hoja

Para la descripción de características morfológicas en los clones de cacao se utilizó el método de Engels et al., (1980) citado por (Jiménez *et al.* 2006), para este caso se recolectaron 64 hojas por tratamiento distribuidas en cuatro repeticiones. Se seleccionaron hojas maduras del estrato intermedio de la planta, procurando que las hojas no sean muy viejas, que conserven sus partes y que no estén dañadas, esto con la intención de medir las variables del (Cuadro 7).

Cuadro 7. Descriptores evaluados en la caracterización morfológica en el órgano de la hoja para los 15 materiales de cacao pertenecientes al germoplasma de la FHIA.

Descriptor morfológico	Criterio	Unidad	Acrónimo
Largo de la hoja	Con la ayuda de una regla se midió el largo de una hoja desde el punto de inserción del peciolo hasta el ápice (Figura 4-A).	cm	LONG
Ancho máximo de la hoja	Con una regla se identificó el punto más ancho de la hoja. Una vez localizado el ancho máximo se midió su distancia (Figura 4-A).	cm	ANMAX
Relación largo ancho	Este valor se obtuvo dividiendo los cm del largo de la hoja entre el valor del ancho de la hoja.	cm	RELA
Largo desde la base de la hoja hasta el punto más ancho de la misma (LBA)	Se midió con una regla desde el punto de inserción del peciolo hasta el punto más ancho de la hoja (Figura 4-A).	cm	LBA
Relación largo-largo de la base a la parte más ancha	A través del valor del largo de la hoja entre el valor de LBA, para identificar la forma de la hoja, si el L/LBA es menor a 2 se dice que es una hoja Ovoide, si	cm	RELLBA

de la hoja (L/LBA)	L/LBA es mayor que 2 es una hoja Obovada y si L/LBA es igual a 2 resulta ser una hoja elíptica.		
Longitud del peciolo	Con la ayuda de una regla se midió el largo del peciolo de la hoja en cm (Figura 4-A).	cm	LONGP
Forma de la base	Se obtuvo, observando el ángulo interno que conforma el margen de la hoja con la nervadura central. Si el ángulo que se forma es menor a 90° es una base aguda, mayor a 90° y menor a 150° es obtusa, mayor a 180° redondeada, y para el caso de no formarse un ángulo decimos que es una base cordiforme.	categorías	FORMBAS
Ápice de la hoja	Se caracterizó de forma visual siguiendo la clasificación de la (Figura 4-B)	categoría	APIHOJ
Textura de la hoja	Para constatar la textura de la hoja, se utilizó la metodología descrita a continuación: si la hoja es lisa y suave al tacto, similar al papel de escribir se consideró cartácea, la misma al arrugarla, debe volver a su forma original. Si es rugosa y algo áspera como el cuero o pergamino, seca e inflexible se llama coriácea, esta hoja al arrugarla se resquebraja y no recupera su forma (Figura 4-D)	categoría	TEXTHOJ

Adaptado de: (Jiménez *et al.* 2006)

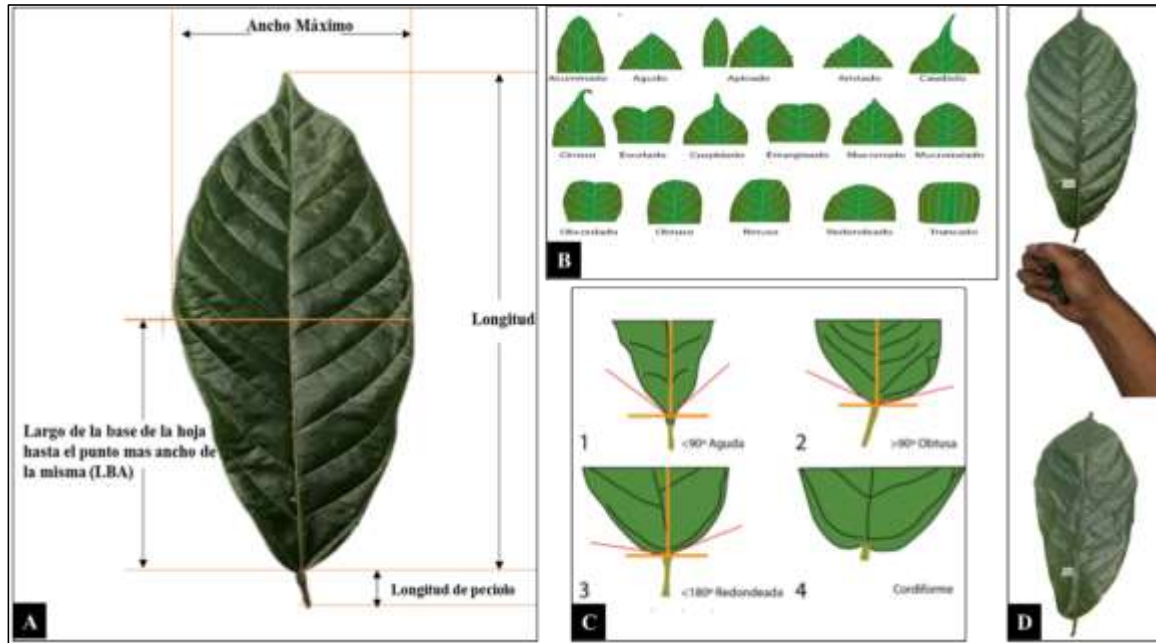


Figura 4. Metodologías para la clasificación de hojas de cacao .A) Mediciones cuantitativas en la hoja (largo, ancho máximo, largo de la base al ancho máximo, longitud del peciolo) B) Clasificación según el tipo de ápice (López y Ramírez 2017). C) Clasificación de la forma de la base según su ángulo (López y Ramírez 2017). D) Evaluación de la textura de la hoja.

4.7.2. De la flor

Para las variables en la caracterización de los materiales de cacao, se tomaron en cuenta variables de tipo cualitativas y cuantitativas, para el caso de las de tipo cualitativos se determinó la moda como cualidad representativa, para el caso de variables cuantitativas se realizó ANOVA y análisis descriptivos.

Se recolectó 5 flores por unidad experimental para la evaluación de parámetros descriptivos morfológicos (Cuadro 8), con un total de 20 flores por material. En cuanto a la presencia de antocianinas en las partes de la flor se notó la ausencia y/o presencia reflejada, tomando flores frescas y que no hayan estado expuestos a los rayos del sol.

Cuadro 8. Descriptores morfológicos utilizados para la caracterización en flores de 15 materiales de la FHIA

Descriptor morfológico	Criterio	Acrónimo
Antocianina en sépalo	Ausencia o presencia	ANTSEP
Antocianina en lígula	Ausencia o presencia (Figura 5-D).	ANTLIG
Antocianina en el pedicelo	Ausencia o presencia	ANTPED
Antocianina en el filamento	Ausencia o presencia (Figura 5-E).	ANTFIL
Antocianina en el estaminodio	Ausencia o presencia	ANTEST
Antocianina en la parte inferior del estilo	Ausencia o presencia	ANTINFEST
Longitud total de la flor (mm)	Es el total de longitud en milímetros desde el ápice de la flor hasta el extremo del pedicelo, que se une al cojinete floral, esto se desarrolló utilizando un vernier digital.	LONGTOT
Longitud de la flor (mm)	Ancho tomado en el cáliz de la flor, en los extremos de los sépalos de la flor, con la ayuda de un vernier en mm.	LONGFL
Diámetro de la flor (mm)	Ancho tomado en el cáliz de la flor, en los extremos de los sépalos de la flor, con la ayuda de un vernier en mm.	DIAMFL
Longitud del pedicelo (mm)	Es la medida que va desde el punto de inserción del pedicelo con el cojinete floral hasta el punto de inserción del pedicelo con la flor, en mm con un vernier (Figura 5-C)	LONGPED
Diámetro del pedicelo (mm)	Es el grosor del pedicelo tomado con un vernier en mm.	DIAMPED
Número de óvulos máximos	Se contabilizó todos los óvulos de los ovarios de cada flor muestreada, se trabajó bajo la lupa estereoscópica, separando cada estructura de la flor, con la ayuda de un bisturí se retira el estilo en el punto de inserción con el ovario, en las suturas carpelares se hicieron cortes para facilitar el retiro de las paredes del ovario dejando al descubierto únicamente la masa de óvulos para el conteo (Figura 5-F, G).	NUMOV

Adaptado de (Jiménez *et al.* 2006)

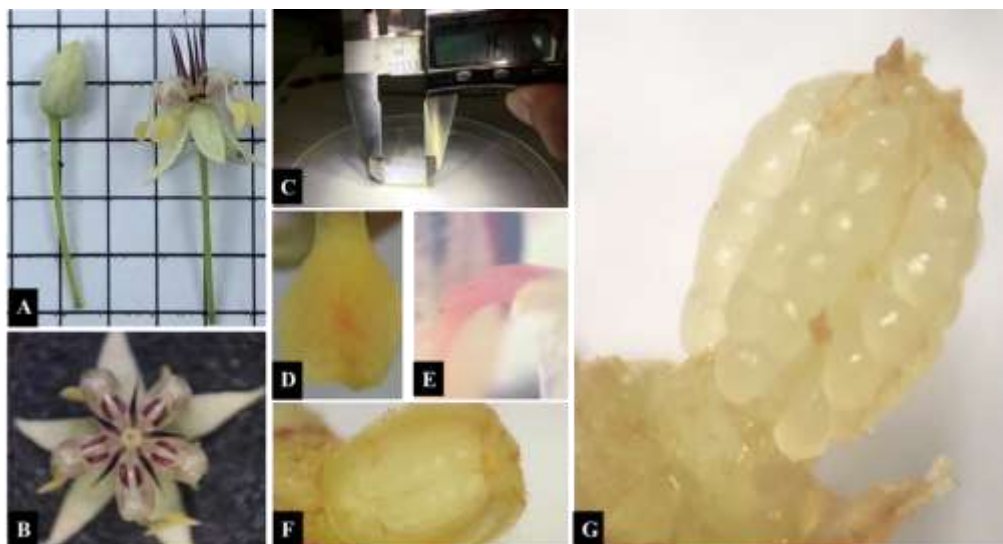


Figura 5. Metodología en la medición de parámetros morfológicos en las flores de planta de cacao. A) Botón floral y flor desarrollada de cacao. B) Medición con Vernier la longitud de pedicelo. D) Antocianina presente en lígula. E) Antocianina presente en el filamento. F) cortes superficiales en suturas carpelares para conteo de óvulos. G) masa de óvulos visibles para ser contados.

4.7.2.1. Compatibilidad sexual

El proceso para determinar la compatibilidad en los materiales comenzó en la selección de botones florales un día antes de que la flor abra, los botones seleccionados se protegieron con un tubo especial sellado con una tela que impida la entrada de polen de otros materiales por agentes polinizadores. Al día siguiente se revisó que la flor esté abierta lo cual indicó que está lista para ser polinizada. En el proceso de polinización manual, a la flor madre se le eliminaron los estambres dejando únicamente el estigma para recibir el polen de la flor macho; esta se seleccionó y desprendieron para llevar hasta la flor hembra, para realizar un frotado de la flor de las anteras sobre el pistilo de la flor hembra.

Se usan 30 flores por árbol como receptoras de polen. Después de la polinización manual, se realizan tres revisiones a los 3, 8 y 15 días para evaluar y registrar la formación de frutos. Algunas flores pueden desprenderse desde el tercer día, y esto puede ocurrir también en el octavo día. Si una flor permanece en el árbol, se espera la formación de un fruto a los 15 días. Estas observaciones se registran en un formato en cada fecha. Para determinar la compatibilidad sexual de los cruces, se calcula el porcentaje de frutos formados a los 15 días. Si el porcentaje es mayor al 30%, se considera que hay intercompatibilidad entre los clones cruzados. Se determina autocompatibilidad cuando el polen utilizado proviene del mismo árbol. Si el porcentaje es menor al 30%, se considera que hay interincompatibilidad entre los clones cruzados o autoincompatibilidad cuando el polen utilizado proviene del mismo árbol (López y Ramírez 2016).



Figura 6. Proceso en la evaluación de compatibilidad sexual en cacao. A) Anteras de flor macho frotada sobre pistilo de flor hembra. B y C) Flores polinizadas a la espera de las revisiones al tercer, octavo y décimo quinto día. D) Flor fecundada después de 15 días, se observa un cruce donde el FHIA-65 representa la madre y el FHIA-32 el padre, el nombre del lado izquierdo siempre representa a la madre.

4.7.3. Del fruto

Para métodos del descriptor se utilizan frutos de tamaño uniforme preferiblemente del troco de la planta, sin embargo, para fines de correlación entre variables se tomaron frutos de todas

las estructuras de la planta, la cantidad de frutos utilizados fue según la producción de cada unidad experimental en los picos de producción.

4.7.3.1. Color del fruto

El color de los frutos se determinó *in situ* de forma visual, en frutos en punto de madurez de cosecha y frutos inmaduros, describiendo el color más representativo en cada unidad experimental.

4.7.3.2. Forma del fruto

Se caracterizó a nivel de campo de forma visual utilizando las escalas de la (Figura 7).



Figura 7. Formas del fruto

Fuente: Adaptado de (López y Ramírez 2017)

4.7.3.3. Constricción basal

Es el pronunciamiento mostrado en la base del fruto, esta se determinó mediante la observación y clasificación en base a la escala mostrada en la (Figura 8).



Figura 8. Clasificación según el tipo de constricción basal en frutos de cacao.

Fuente: (López y Ramírez 2017)

4.7.3.4. Ápice del fruto

De forma visual se determinará la del ápice del fruto, clasificándolo de la siguiente manera según la forma (Figura 9).



Figura 9. Clasificación según el ápice de fruto en la caracterización de materiales de cacao.

Fuente: Adaptado de (López y Ramírez 2017)

4.7.3.5. Rugosidad de la superficie de la mazorca

Mediante el tacto y visualización se caracterizó cada clon (Figura 10).



Figura 10. Rugosidad del fruto.

Fuente. (Jiménez *et al.* 2006)

4.7.3.6. Variables cuantitativas en el fruto

Son los parámetros medibles en el fruto, son de mucha ayuda en la caracterización de materiales genéticos, para este caso se evaluó una serie de variables con la intención de obtener medias que discriminen a cada material (Cuadro 9).

Cuadro 9. Descriptores morfológicos cuantitativos usados en la caracterización de frutos de los 15 materiales bajo investigación.

Descriptor morfológico	Criterio	Unidad	Acrónimo
Longitud	Para datos más exactos se utilizó una tabla de medir, compuesta por reglas de madera y una cinta métrica adheridas a un mesón y una regla ajustable al tamaño del fruto (Figura 11-C)	cm	LONG
Perímetro	Con una cinta métrica se midió el centro del fruto que representa la parte más ancha, tratando de que la cinta esté sobrepuesta en surcos y lomos del fruto (Figura 11-C).	cm	PERI
Diámetro	Dato obtenido luego de aplicar la fórmula: $DIAM = \frac{PERI}{\pi}$	cm	DIAM
Relación Largo-Ancho	Es la división de los datos obtenidos del largo del fruto entre el ancho del mismo.	cm	RELA
Peso	Haciendo uso de una balanza, se registró el peso de cada uno de los frutos muestreados para obtener una media representativa de cada clon.	g	P

Grosor en el lomo	El grosor de la pared del fruto se obtuvo haciendo un corte transversal y utilizando un vernier. Se tomó dos medidas en lomo y dos en surcos en milímetros para promediar, siendo la media de surcos y lomos, el dato que representa el grosor de la cáscara (Figura 11-C).	mm	GROLOM
Grosor en los surcos			GROSUR
Profundidad de los surcos	Representa la diferencia de los datos obtenidos en el grosor de los lomos del cacao y los surcos dando como resultado la profundidad.	mm	PROFSUR
Dureza en lomo de la base	Se midió la resistencia de penetración del fruto con un penetrómetro para frutos. Lentamente se introdujo el embudo hasta llegar a la pulpa. El procedimiento se repitió dos veces en la parte basal, apical y centro del fruto en lomo y surcos del mismo (Figura 11-C).	Kgf	DLOMB
Dureza en lomo de surcos			DSURB
Dureza en lomo del centro			DLOMC
Dureza en surco del centro			DSURC
Dureza en lomo del ápice			DLOMAP
Dureza en surco del ápice			DSURAP
Grados brix	El registro de datos se hizo en la masa total de semillas con mucílago tomada de cada fruto evaluado, tomando 3 muestras al azar para medir los grados brix con un refractómetro, y repitiendo el proceso cada vez que se hizo toma de datos en frutos, esto según los picos de producción en los lotes (Figura 11-E).	°Bx	GRABRIX
pH	Una vez contabilizadas las semillas por cada fruto muestreado se recolecta en un solo recipiente el total de semilla en baba para la toma de datos del pH (Figura 11-F).	0-14	pH
Cantidad de almendras buenas	Es el número total de semillas sin defectos que se encuentran en cada fruto muestreado, tomando una media por material evaluado.	#	CANTALBU

Cantidad de almendras vanas	Es el conteo de semillas vanas, se hizo mediante el tacto, suelen ser blandas y huecas. Registrar el número total de semillas y el número de semillas vanas.	#	CANTALVA
Peso almendras buenas	Es el peso total de las semillas con mucílago de cada fruto, haciendo uso de una balanza digital,	g	PALBU
Peso almendras vanas	Son los registros tomados del peso total de las semillas vanas, identificadas mediante el tacto; suelen ser blandas y huecas.	g	PALVA
Peso placenta	Es la media del peso en gramos que representa la placenta de los frutos según el material evaluado.	G	PPLAC
Peso de la cáscara	Es el registro en gramos que se obtiene restando los valores de peso de semillas buenas, semillas vanas y peso de la placenta del peso total del fruto,	G	PCASC
Porcentaje peso de almendras buenas	también se muestra en el porcentaje que representa.	%	PORCALBU
Porcentaje peso de almendras vanas	Es la cantidad que representa el peso de las almendras vanas en porcentaje.	%	PORCALVA
Porcentaje peso placenta	también se expresó en porcentaje que representa el peso de placenta	%	PORCPLAC
Porcentaje peso de cáscara	también peso presentado en el porcentaje teniendo como 100 por ciento el peso total del fruto.	%	PORCCAS
Peso promedio almendra buena	Es el peso promedio que representa cada semilla en buenas condiciones con mucílago.	g	PPROMALBU
Peso promedio almendra vana	Es el peso promedio que se obtuvo de las almendras vanas por material evaluado.	g	PPROMALVA

Adaptado de (Jiménez *et al.* 2006)

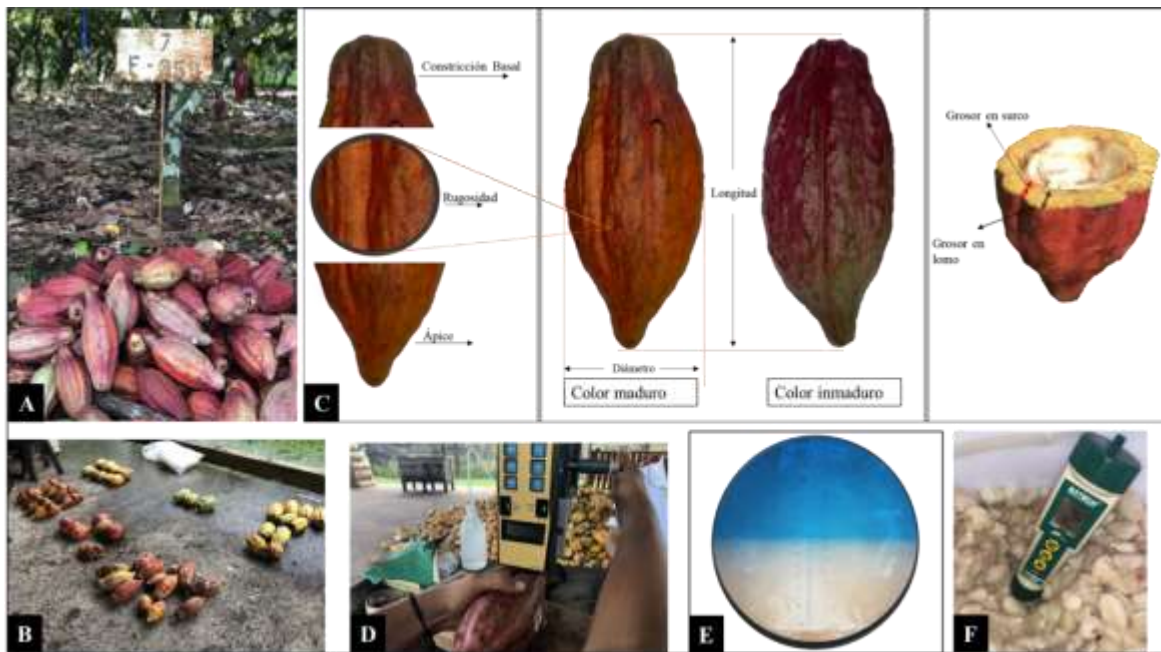


Figura 11. Variables morfológicas descriptivas de frutos de cacao. A) Cosecha de frutos. B) Etiquetado de frutos para mantener trazabilidad. C) Mediciones de parámetros en la superficie del fruto D) Medida de dureza de la cáscara del fruto haciendo uso de penetrómetro. E) Uso de refractómetro para evaluar grados brix de la baba. F) Uso de peachímetro para evaluar el pH de la baba de caca de las muestras.

4.7.4. De productividad

Representan información de suma importancia en la toma de decisiones al momento de escoger materiales genéticos para el establecimiento de cultivo, según el objetivo de producción. Se mantuvo la trazabilidad de los datos para realizar correlaciones con variables morfológicas.

4.7.4.1. Humedad

Los protocolos de beneficiado, mencionan que, en el secado, los granos de cacao deben contener una humedad de 6.5-7.0%, % comprobado mediante un hidrómetro. Seguido del partido del fruto y extracción de almendras, las muestras se llevaron a una micro-fermentación para posteriormente someter al secado en estructuras de madera bajo rayos solares, hasta llegar a una humedad.

4.7.4.2. Índice de grano

Es el peso promedio de un grano usado en una muestra de 100 granos fermentados y secos. Se determinó haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de grano} = \frac{\text{Peso de granos}}{\text{Número de granos}}$$

4.7.4.3. Índice de mazorca

Siguiendo la metodología mencionada por Ramírez (2014), se recolectaron muestras en 15 frutos como mínimo, son los mismos frutos que se les evaluó variables morfo-fisiológicas, para luego proceder a la micro-fermentación y micro-secado para determinar el número de frutos necesarios para obtener un kilogramo de cacao seco (I de M). En la fermentación y secado se hizo uso de mallas especiales en forma de saco, previamente identificadas y amarradas procurando evitar la salida de granos y la facilidad de que los volteos sean eficientes, las muestras se introdujeron en masas de fermentación normales para alcanzar temperaturas ideales que determinan un buen fermentado y por tanto buenas perfil sensorial.

$$I \text{ de } M = \frac{(\# \text{ de frutos} * 1000 (g))}{\text{Peso seco}}$$

4.7.4.4. Rendimiento

Se realizó un registro de frutos sanos en el tiempo que comprende la investigación, haciendo cosechas cada 15 días, de frutos por unidad experimental por repetición, para calcular el rendimiento de cacao seco se utilizó el índice de mazorca. El I de M de los materiales evaluados es un promedio de datos evaluados en el CEDEC-JAS en tiempos anteriores, por lo que los datos obtenidos en el tiempo de evaluación suman al promedio utilizado. La información recabada enriquece una base de datos recolectada en el centro, y conlleva a datos más precisos y confiables.

4.7.4.5. Incidencia de mazorca negra bajo condiciones naturales

Cada 15 días aproximadamente se realizaron cosechas, haciendo un conteo de frutos sanos y enfermos, para el caso de frutos enfermos con personal capacitado se contabilizaron mazorcas que presentaron síntomas característicos de la enfermedad, haciendo más fácil estimar las pérdidas en kg/ha de frutos afectados por mazorca negra por cada material.

4.7.4.6. Incidencia a moniliasis bajo condiciones naturales

Es el conteo de frutos con síntomas de la enfermedad de moniliasis, el recuento se hace el mismo día de cosecha, para la identificación de frutos se debe hacer con personal muy capacitado capaz de reconocer síntomas que no están a simple vista.

4.7.4.7. Rendimiento baba/seco

Es la relación que existe entre el peso baba con el peso seco del cacao ya beneficiado, es importante para el conocimiento de rendimiento o ingresos previo al fermentado y secado,

teniendo un aproximado de cacao seco a obtener. En este parámetro puede influir las prácticas de cosecha como ejemplo el punto de madurez fisiológica en que se encuentra el fruto, en mazorcas inmaduras el mucílago es menos.

$$\text{Porcentaje de rendimiento baba – seco} = \frac{\text{Peso de grano seco}}{\text{Peso de granos en baba}}$$

4.7.4.8. Peso de cotiledón

Es el peso promedio de cada cotiledón del grano, para esto se extrae la testa de 30 granos como muestra por clon, con la ayuda de un visturi procurando retirarla por completo dejando únicamente lo aprovechable del cotiledón para tomar el peso en balanza digital en gramos y representado en porcentaje y promedio por unidad (Figura 13-G y H).

$$\% \text{ del peso de cotiledon} = \frac{(\text{Peso de 30 granos sin testa}) * 100}{\text{Peso de 30 granos con testa}}$$

4.7.4.9. Peso de la testa

Este es un parámetro físico de importancia en la comercialización. Es el peso promedio de la cascarilla, se tomó en una muestra de 30 granos por material por repetición, de granos escogidos al azar.

$$\text{Peso de la testa} = \frac{\text{Peso de 30 granos con testa} - \text{Peso de 30 granos sin testa}}{30}$$

4.7.4.10. Dimensiones del grano

Se determinó el Largo, Ancho y espesor de los granos por clon muestreados en milímetro, haciendo uso de un vernier digital para mayor exactitud en los datos.

4.7.4.11. Forma en la sección longitudinal

Es la forma observable a simple vista del grano puede ser clasificado en las formas que muestra la Figura 12, se hizo una reducción de las muestras mediante el método de cuarteo hasta llegar a una muestra de 100 granos al azar, permitiendo clasificar según la forma predominante en la muestra.



Figura 12. Clasificación de la semilla según su forma longitudinal.

Fuente: (Jiménez *et al.* 2006)



Figura 13. Medición de variables de productividad en muestras de cacao micro-fermentado y secado de 15 materiales de cacao pertenecientes al germoplasma de la FHIA. A) Medición de humedad en muestras de granos de materiales) Recolección de muestras con etiquetas para mantener trazabilidad. C) Método de cuarteo para reducir muestra a evaluar. D) Medición de las dimensiones del grano (Largo, ancho y espesor). E) Selección de 100 granos al azar para agrupar según su forma longitudinal. F) clasificación de granos según la forma longitudinal predominante. G) Descascarillado manual de granos. H) Toma de peso de cotiledones sin cáscara.

4.8. Resistencia genética

El establecimiento de plantaciones de cacao con variedades genéticamente tolerantes o resistentes a enfermedades ha demostrado ser una estrategia efectiva para reducir la dependencia de los fungicidas sintéticos en la agricultura del cacao. Esta práctica no solo beneficia al medio ambiente, sino que también resulta atractiva para los agricultores (Debouck *et al.*, 2008) citado por (Sánchez-Mora *et al.* 2015).

4.8.1. Evaluación de resistencia genética a mazorca negra

Para la evaluación de la resistencia genética a mazorca negra (*Phytophthora sp*) en los materiales de cacao se llevó a cabo mediante inoculación artificial siguiendo la metodología que utiliza la FHIA (Rivera *et al.* 2017) propuesta por (Phillips-Mora y Galindo 1989) que consiste en las siguientes etapas:

4.8.1.1. Obtención y producción del inóculo de mazorca negra

El patógeno se recolectó de mazorcas de campo con síntomas perceptibles de mazorca negra del cacao, los frutos fueron llevados al Laboratorio de Protección Vegetal de la FHIA en Lima, Cortés Los frutos fueron procesados utilizando técnicas asépticas. Se lavaron los frutos con jabón líquido y hipoclorito al 20% para eliminar cualquier otro patógeno del ambiente, para luego proceder a hacer cortes transversales en los frutos para seleccionar las porciones más propicias (tejido sintomático de parte interna del fruto) para implantarlos en platos Petri conteniendo medio de cultivo Agar V-8 con enmienda de carbonato de calcio (CaCO_3). Con las siguientes dosis: Agar 7.5 g, carbonato de calcio (CaCO_3) 1.5 g, Jugo V8 100 ml y agua destilada 400 ml para obtener 20 platos Petri de medio con 25 ml cada uno. Posteriormente, se incubó para propiciar ambientes ideales de crecimiento con temperatura ambiente ($\pm 25^\circ\text{C}$) y periodos alternados de doce horas de luz y oscuridad (Figura 14).



Figura 14. Obtención y producción de inóculo de *Phytophthora sp* en el Laboratorio de Protección Vegetal de la FHIA. A) Frascos de agar y Carbonato de calcio (CaCO_3). B) materiales a mezclar. C) autoclavado antes de ingresar a la cámara de flujo laminar. D) llenado de platos Petri de medio. E, F) Siembra de tejido sintomático en el medio de cultivo. G) Periodo de incubación a temperatura ambiente.

4.8.1.2. Preparación del inóculo de mazorca negra

Transcurridos 10 días de incubación se cosecha el inóculo, en el proceso de preparación se congela agua destilada a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y luego se vierten 20 ml en un plato con el cultivo del patógeno, asegurándose de que el agua cubra todo el espacio interno. El plato se coloca en un refrigerador a $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la oscuridad durante 30 minutos con el objetivo de activar las zoosporas mediante choque térmico, luego se retira y se deja a temperatura ambiente con luz durante otros 30 minutos. Se realiza un frotado cuidadoso en el cultivo para liberar las zoosporas en una solución acuosa, evitando extraer sedimentos. La solución se vierte en un beaker de 500 ml, y se repite el proceso con otros platos si es necesario. Se realiza un aforo con un hematocitómetro para determinar la densidad de zoosporas por ml, buscando una

densidad específica (1.42×10^5 zoosporas/ml) y observando movimiento activo. Una vez verificada la densidad y el estado de las zoosporas, la solución está lista para ser utilizada en el campo para la inoculación, recordando que las esporas de *Phytophthora sp.* tienen un tiempo limitado de actividad después del choque térmico, con un plazo de 30 minutos antes de que se inactiven (enquistan) (Figura 15).

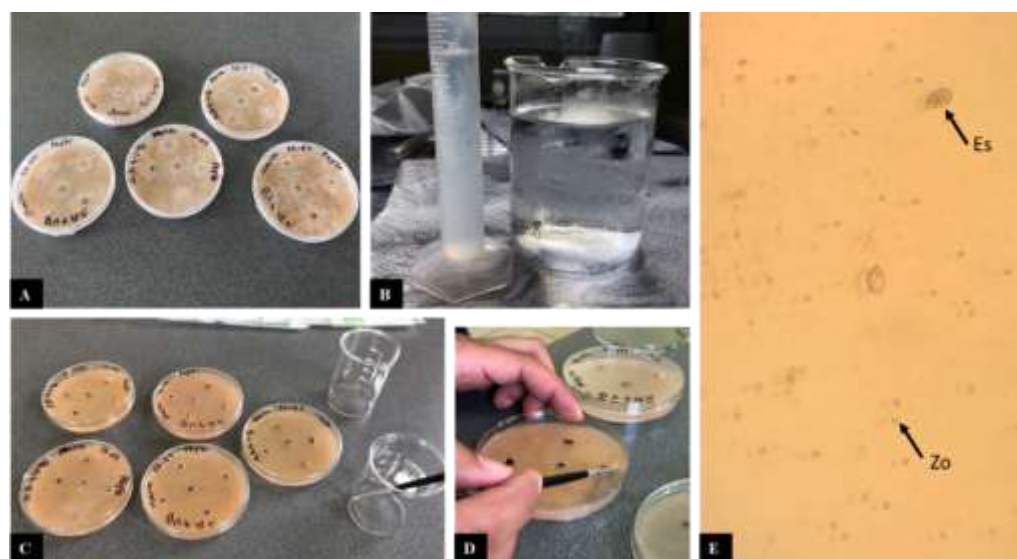


Figura 15. Proceso para la preparación de inóculo de mazorca negra. A) Platos 10 días después de siembra de patógeno B) Agua destilada a 10 °C de temperatura. C) Reposo de 30 minutos a temperatura ambiente con luz. D) Frotado del cultivo. E) Imagen bajo microscopio de estructuras del hongo de *Phytophthora sp.*: Es) esporangio. Zo) zoosporas.

4.8.1.3. Inoculación en campo de mazorca negra

Para realizar la inoculación en campo de manera eficiente, se recomienda realizar una identificación previa de los frutos antes de preparar la solución a inocular. Esto permite ahorrar tiempo y abarcar una mayor cantidad de frutos con una sola solución. Una vez lista la solución, se colocan papeles absorbentes en forma de círculo dentro del beaker, de manera que absorban el líquido que contiene las zoosporas, de inmediato se inoculan frutos de 4-5

meses de edad colocando dos discos de papel filtro impregnado de la solución en lados opuestos del ecuador.

Durante las inoculaciones en campo, es importante contar con un equipo suficiente de personal asignado a tareas específicas para avanzar rápidamente. Una persona se encarga de colocar los papeles absorbentes, otra persona los asegura con cinta adhesiva para evitar que se caigan. Una tercera persona cubre cada fruto inoculado con una jaula metálica envuelta en una bolsa de polietileno de 12 x 18 cm, dentro de la cual se coloca una bola de papel toalla humedecido con agua purificada (proporciona una mayor humedad relativa dentro de la jaula durante los primeros dos días, creando mejores condiciones para que el patógeno penetre en el fruto) (Figura 16).



Figura 16. Proceso en la inoculación artificial de *Phytophthora sp.* evaluación en campo. A) Selección de frutos y traslado de jaulas con papel toalla humedecido. B) verificación de actividad y concentración de zoosporas. C) inoculación de frutos en campo. D) Personal encargado de inoculaciones. E, F, G) frutos inoculados y cubiertos con las jaulas.

4.8.1.4. Evaluación de infección de mazorca negra

Pasados ocho días desde las inoculaciones, se procede a la recolección de las mazorcas y se evalúa la incidencia y severidad de la enfermedad. La incidencia se calcula como el porcentaje de mazorcas inoculadas que presentan síntomas. Para determinar la severidad, se toma el promedio de los diámetros longitudinal y transversal de la mancha más grande en cada fruto (Figura 17-B y C) para clasificarlo según la escala que se muestra en el (Cuadro 10).

Cuadro 10. Escala para la clasificación según la severidad, propuesta por (Phillips-Mora y Galindo 1989)

Clasificación	Diámetro promedio de mancha (cm)
Resistente (R)	0-2
Moderadamente resistente (MR)	2.1-4
Moderadamente susceptible (MS)	4.1-6
Susceptible (S)	>6

Fuente: (Phillips-Mora y Galindo 1989)



Figura 17. Recolección y evaluación de frutos inoculados de mazorca negra. A) Recolección de frutos inoculados pasados los 8 días. B y C) Medición de lesión causada por *Phytophthora* sp. D) Frutos inoculados que presentan lesiones.

4.8.2. Evaluación de resistencia genética a moniliasis

Para la evaluación de resistencia genética a moniliasis (*Moniliophthora roreri*) se llevó a cabo inoculaciones artificiales en campo, donde se siguió la metodología mencionada por (Rivera *et al.* 2017). La cual se puede describir en las siguientes etapas.

4.8.2.1. Obtención y producción de inóculo de moniliasis

La fuente primaria para la obtención de inóculo fueron frutos colectados en campo que mostraban signos evidentes de la enfermedad. Se colectaron frutos del mismo sitio donde se hacen las evaluaciones, también se cosecharon frutos jóvenes para la elaboración del medio de cultivo. Los frutos recolectados fueron llevados al Laboratorio de Protección Vegetal de la FHIA en La Lima, Cortés, y procesados usando técnicas asépticas para un correcto aislamiento del hongo.

En el laboratorio se procede a un lavado de los frutos jóvenes con jabón y alcohol al 20% para eliminar patógenos extraños del ambiente, luego de la desinfección se cortan en secciones pequeñas de aproximadamente 1 x 1 cm de dos frutos, a estas pequeñas secciones se les agrega agua destilada hasta cubrir por completo, para llevarlo a una estufa para la cocción de fruto, se procura obtener 400 ml de líquido (extracto de cacao) (Figura 18-A y B).

Una vez cocidos se coló dejando únicamente el líquido, se midieron 400 ml de extracto de cacao a lo que se le sumó 100 ml de jugo V8 para realizar una mezcla que fue llevada a la autoclave para esterilizar, se continuó con el llenado del plato Petri con aproximadamente 25 ml por plato esto bajo la cámara de flujo laminar para evitar la contaminación (Figura 18-C, D, E y F).

Luego de que el medio se solidifica (Figura 18-G) se procedió a la desinfección de los frutos sintomáticos para luego obtener pequeñas secciones de tejido del interior de las mazorcas con síntomas, para ser implantado en el medio una sección por plato Petri (Figura 18-H) para

culminar con un sellado y etiquetado de los platos (Figura 18-I) para luego llevar a incubación a una temperatura de $\pm 25^{\circ}\text{C}$ en períodos alternados de 12 horas luz y oscuridad para un correcto crecimiento de las colonias del hongo.



Figura 18. Proceso en la obtención y producción de inóculo de *Moniliophthora roreri*. A) Corte de secciones de frutos jóvenes sanos. B) Cocción de frutos de jóvenes sanos. C) Separación de la parte sólida y líquida producto de la cocción de frutos jóvenes sanos. D) pesaje de las cantidades de agar y CaCO_3 utilizados. E) Medio de cultivo líquido. F) Auto-clavado de materiales y medio a utilizar. G) Llenado de platos Petri de medios de cultivo en cámara de flujo laminar. H) Siembra de tejido con sintomatología en medio de cultivo. I) Sellado y etiquetado con nombre de cultivo y fecha.

4.8.2.2. Preparación de inóculo

Luego de una incubación de 21 a 27 días la colonia está lista para ser cosechada, hay que identificar y descartar platos que se contaminan en el transcurso del periodo de incubación. La cosecha se realiza mediante la aplicación de 20 ml de agua destilada a cada plato para proceder a hacer un raspado del micelio del hongo para liberar los conidios por agitación de agua estéril para diluir en 400 ml de agua estéril y 3 gotas de Tween 20. Luego se realizó un

aforo haciendo un montaje de la solución en hematocitómetro hasta llegar a una densidad de 1×10^6 esporas/ml. Como último proceso se envasa en frascos que faciliten la aspersión al momento de inocular en campo (Figura 19).

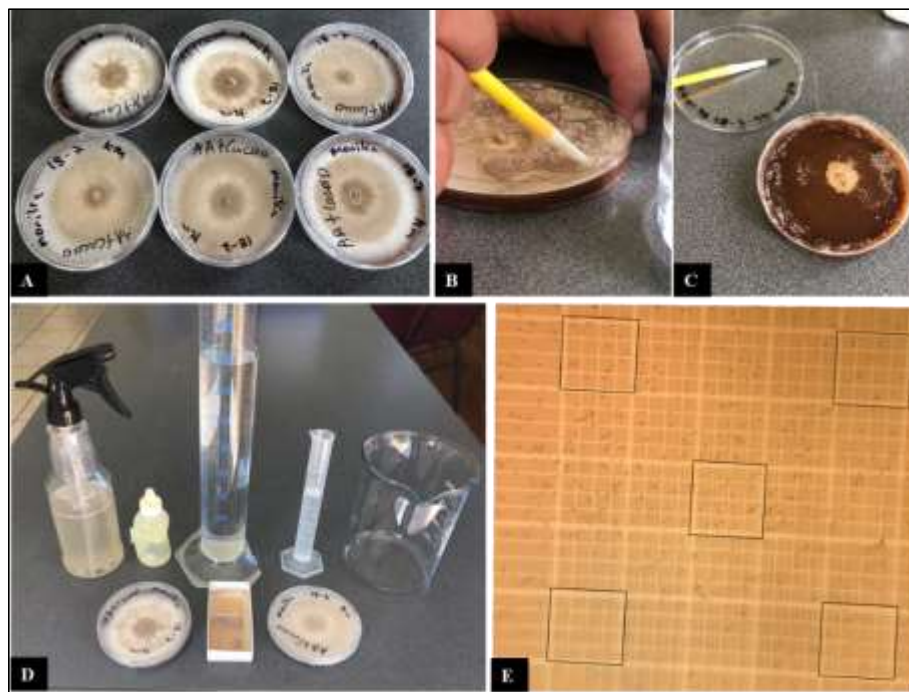


Figura 19. Preparación de inóculo de (*Moniliophthora roreri*). A) Platos con colonia de hongo (*Moniliophthora roreri*) después de 21 días. B) Liberación de conidios en agua estéril mediante raspado con pincel. C) Plato Petri después de obtención de esporas. D) Equipo utilizado en la preparación de inóculo. E) aforo de esporas en la solución.

4.8.2.3. Inoculación en campo

Luego de la preparación del inóculo inmediatamente se procede a la inoculación en campo, para esto se requiere de una identificación de los árboles que cuentan con frutos de aproximadamente 45 días de edad (± 10 cm de longitud) con la intención de ahorrar tiempo. Los frutos fueron inoculados usando un atomizador, procurando que toda la superficie del

fruto fuera cubierta de la suspensión de esporas un aproximado de 2 a 3 ml de la solución (Figura 20-B, C).

Se recomienda el uso de una bolsa que cubra el fruto al momento de rociar la solución y que evite la dispersión de esporas en el ambiente que provocan una alta incidencia de monilia en la finca (Figura 20-A). inmediatamente inoculados los frutos se procede a colocar jaula metálica con medidas de 12.5 cm de diámetro x 24 cm de longitud, la jaula fue cubierta en una bolsa plástica transparente en cuyo fondo se había depositado papel toalla humedecido como fuente de humedad ambiental, posteriormente se cerró la bolsa y se dejó incubar por 48 horas (Figura 20-D) transcurridas las 48 horas se retiró el papel toalla humedecido, haciendo perforaciones en la bolsa plástica en los extremos inferiores sin mover el fruto



Figura 20. Inoculación artificial de *Moniliophthora roreri* en campo.

4.8.2.4. Evaluación de infección

La resistencia genética se clasificó según la severidad externa e interna de los frutos inoculados, así como también la incidencia (Figura 21 y 22). Los frutos fueron etiquetados previamente, en primera ocasión se evaluó el exterior del fruto para luego cortarlos de forma longitudinal para determinar la severidad interna causada por el patógeno, utilizando las escalas propuestas por (Sánchez, *et al. sf*) que menciona (Melgar *et al.* 2006) (Cuadro 11 y 12).

Cuadro 11. Escala de evaluación de la severidad externa causada por el hongo *M. roreri*

Escala	Sintomatología externa (superficie de la mazorca)
0	Fruto sano
1	Presencia de manchas hidróticas
2	Presencia de tumefacción o amarillamiento
3	Presencia de mancha parda o café evidente
4	Presencia de micelio que cubre hasta la cuarta parte de la mancha
5	Presencia de micelio que cubre más de la cuarta parte de la mancha

Fuente: adaptado de (Sánchez, *et al.* sf) citado por (Melgar *et al.* 2006)

Cuadro 12. Escala de evaluación de la severidad interna causada por el hongo *M. roreri* e

Escala	Sintomatología interna
0	Fruto sano (ausencia de síntomas)
1	1-20% del tejido interno con necrosis
2	21-40% del tejido interno con necrosis
3	41-60% del tejido interno con necrosis
4	61-80% del tejido interno con necrosis
5	Más del 80% del tejido interno con necrosis

Fuente: adaptado de (Sánchez, *et al.* sf) citado por (Melgar *et al.* 2006)



Figura 21. Fruto inoculado con *Moniliophthora roreri*, con sintomatología externa e interna



Figura 22. Evaluación de materiales genéticos de cacao expuestos a inoculaciones artificiales de *Moniliophthora roreri*. A) evaluación de frutos inoculados con *Moniliophthora roreri*. B) Frutos de FHIA-32 en observación de sintomatología externa. C) Frutos del material FHIA-32 en observación de sintomatología interna. D) Frutos de FHIA-168 en observación de sintomatología externa. E) Frutos del material FHIA-168 en observación de sintomatología interna.

4.8.3. Características organolépticas

4.8.3.1. Fermentación y secado

Se recolectó cacao de las unidades experimentales, teniendo en cuenta los cuidados y manejo de postcosecha, y manteniendo la trazabilidad. Los frutos se evaluaban primero en sus variables morfológicas, para proceder con la medición de variables cuantitativas del fruto. Todas las almendras se recolectaban en una malla de tela con su respectivo etiquetado por material para posterior llevarlos a cajones a una micro fermentación aprovechando la masa

de cacao recolectada en el centro experimental durante 5 días y secado al sol de 5 a 6 días hasta llegar al 6.5% de humedad (Figura 23).

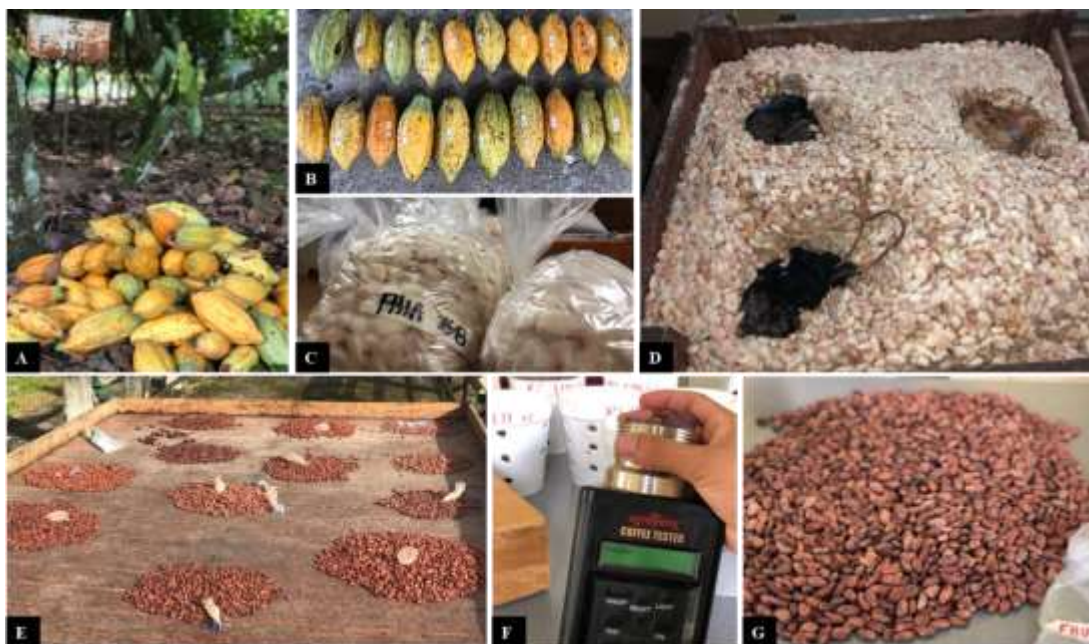


Figura 23. Proceso de recolección de frutos, micro fermentación y secado del grano de cacao. A) Recolección de frutos madurez fisiológica. B) Etiquetado de frutos previos a las mediciones. C) Recolección de cacao en baba. D) Muestras de cacao en baba por material llevados a micro fermentación. E) Secado de muestras. F) medición de humedad con medidor de humedad para granos G) Muestras de cacao con humedad de 6.5%.

4.8.3.2. Preparación licor de cacao

El procedimiento se desarrolló con equipo y personal del Departamento de Post-cosecha de la FHIA en La Lima, Cortés. Siguiendo el protocolo mencionado por Aguilar (2016).

Se tomó una muestra de 350 g de cacao seco y fermentado para llevarlos al horno a 112 °C durante 25 minutos. Una vez tostados realizó el fracturado de los granos para facilitar al descascarillado; consiste en dejar los cotiledones desnudos, con ayuda de equipo comercial

sencillo que convierte los granos en trozos pequeños, también llamados nibs, y que separa la cascarilla con descascarilladora comercial (Figura 25).

Los nibs de cada material se molieron en un molino de alta velocidad de aspa marca Retsch GM 200, en 3 tiempos de 2 minutos a 5000 rpm y por último se lleva a 4000 rpm en 15 segundos hasta formar una pasta líquida a la que se le denomina licor de cacao, almacenados en recipientes inocuos con tapadera y etiquetados que se colocaron en refrigerador para su posterior evaluación (Figura 24).



Figura 25. Proceso para la elaboración de licor de cacao. A) Tostado de granos. B) Quebrado de los granos de cacao. C) granos de cacao quebrados con cascarilla. D) Descascarillado. E) Tamizado de nibs, para eliminar impurezas. F) Molino Retsch GM 200. G) Nibs de cacao previos a ser molidos. H) Pasta de cacao (Licos de cacao). I) Envasado y etiquetado de licor de cacao según material.

Figura 24. Flujograma de la elaboración de licor de cacao.

4.8.3.3. Evaluación sensorial

La evaluación de los materiales de cacao se llevó a cabo en el laboratorio del CEDEC-JAS, con la participación de miembros del panel de cata de la FHIA, quienes también forman parte del panel nacional y cuentan con amplia experiencia en la programación y evaluaciones sensoriales de cacao. Para realizar la evaluación, se utilizaron como referencia las normas internacionales propuestas por International Standards for the Assessment of Cocoa Quality and Flavour (ISCQF) 2020, que establecen los protocolos universales para la evaluación sensorial de licores de cacao (borrador público para revisión). Se evaluaron 14 de los 15 materiales de cacao investigados, con el objetivo de cuantificar los atributos descriptivos de sabor y calidad global, siguiendo los estándares establecidos. Se llevaron a cabo en 3 fechas diferentes con 2 sesiones por día, para evitar que la fatiga de los evaluadores interfiriera en los valores de cada licor.

Las muestras se llevaron a una descongelación en baño maría a temperaturas de 48 a 50 °C, hasta que la muestra adquiriera apariencia líquida y facilite la degustación a los participantes. Se procedió a la evaluación de cada licor contenido en frascos previamente etiquetados, donde cada participante se apegó a los procedimientos del (Cuadro 13) y con el previo conocimiento de lo mencionado en el (Cuadro 14). Entre cada muestra se utilizó un vehículo (galleta simple) como limpieza del paladar, para culminar discutiendo y dando una valoración global a cada muestra.

Cuadro 13. Procedimiento en la valoración de los sabores de las muestras de licor de cacao, propuesto por ISQF

N	Especificaciones
1	Revise que el código de tres dígitos de la muestra de licor de cacao que se va a evaluar corresponda a su respectivo código en el formulario de evaluación
2	Acerque a su nariz el vaso con el licor de cacao derretido y retire la tapa.
3	Inmediatamente inhale profundamente para percibir el olor de la muestra, al tiempo que la mezcla con la espátula para probar.
4	Después de exhalar y despejar sus fosas nasales, inhale varias veces para sentir el aroma presente en el espacio libre del vaso.

5	Registre cualquier observación relacionada con el aroma en la sección de comentarios del formulario de evaluación.
6	Con la espátula de probar, recoja aproximadamente de 0.75 a 1 g (1 ml) de licor de cacao derretido
7	Esparza el licor de cacao en la lengua, sosténgalo en la boca el tiempo necesario para calificar los atributos, frotando la lengua lentamente contra el paladar.
8	Inhale pequeñas cantidades de aire por la boca, como si estuviera sorbiendo y exhale por la nariz para permitir que el aroma y el sabor sean bien aparentes.
9	Dentro de la boca, observe los diferentes atributos que se hacen evidentes en tres intervalos contiguos de tiempo: (1) las notas de sabor iniciales (2) las de la mitad y (3) las residuales. Algunos sabores aparecen o desaparecen muy rápido, o quedan fácilmente enmascarados, mientras que otros permanecen con un retrogusto distintivo. El orden o apariencia de estas notas varía entre muestras.
10	Mientras que van haciéndose evidentes los diferentes atributos, evalúe el sabor del licor de cacao usando los atributos y la escala de intensidades entre 0 y 10.
11	Califique la intensidad de los atributos en el orden en que aparecen y se perciben, en una escala de 0 a 10.
12	Una vez se haya caracterizado la muestra, califique su calidad global de 0 a 10.
13	Trague o escupa el bolo de licor de cacao y saliva en la escupidera provista para este efecto.
14	Preste atención a los sabores que pueden seguir presentes al final y en el retrogusto, y modifique o revise su puntuación en conformidad.
15	En la sección de comentarios, incluya cualquier observación adicional acerca de la muestra que no haya quedado anotada en otra parte, incluyendo recomendaciones al productor del cacao, si se hace alguna observación relacionada con los procesos de fermentación y secado.

Fuente: Adaptado de (ISCQF 2020).

Cuadro 14. Términos usados en la evaluación sensorial de licor de cacao

Desc ripto r	Descripción	Ejemplos de orígenes típicos para niveles de intensidad	Notas de referencia
Caca o	Sabor típico de granos de cacao tostados que fueron bien fermentados, secados y están libres de defectos	0 – 2: Ausente- intensidad baja	Cacao insuficientemente fermentado, criollos antiguos
		3 – 5: caracteriza la muestra claramente	Lotes de cacao Nacional y de Papua Nueva

				Guinea bien fermentados
		6 – 8: Característica dominante		Cacao fermentado apropiadamente, algunos lotes de cacao de África Occidental y algunos lotes de cacao Hispaniola de Republica Dominicana
		9 – 10: intensidad fuerte		Algunos lotes de cacao de África Occidental
Acidez	Acidez total la suma de: • Acidez- Frutal: cítrica o de otras frutas • Acidez – Acética: vinagre (se puede oler en la muestra) • Acidez – Láctica: típicamente percibido en leche agria y yogurt • Acidez – Mineral y butírica: sensación metálica pronunciada (mineral) y mantequilla rancia (butírica)	0 – 2: Ausente-intensidad baja		Algunos lotes de cacao de África Occidental bien preparados
		3 – 5: caracteriza la muestra claramente		Algunos lotes de cacao de Ecuador, Perú y Centro América
		6 – 8: Característica dominante		Algunos lotes de cacao Hispaniola de República Dominicana, Papua Nueva Guinea y Malasia
Amargor	Típicamente percibido en cafeína, café, nuez de cola, algunas cervezas y toronja/pomelo.	1 – 2: Intensidad baja		Algunos lotes de cacao Criollo antiguo
		3 – 5: Caracteriza la muestra claramente		Lotes de cacao de África Occidental bien preparados
		6 – 8: Característica dominante a intensidad fuerte		Intensidad alta - Cacao con fermentación severamente deficiente y cacao no fermentado
Astringencia	• Efecto de sequedad en la boca, aguda, perceptible entre la lengua y paladar o en la parte trasera de los dientes frontales e interior de los l	Intensidad	1 – 2: Intensidad baja	Algunos lotes de cacao Criollo antiguo
			3 – 5: Caracteriza la	Intensidad normal para la mayoría de cacaos

	abios y encías típico en la piel de nueces crudas y el interior de la piel de banano verde. Sensación aterciopelada en los costados de la boca y lengua. Típico de taninos en algunos vinos o cervezas.		muestra claramente	
			6 – 8: Dominante	
			9 – 10: Intensidad fuerte	
		Tip o	Aguda – resequeada en la boca	Típico de un cacao deficientemente fermentado
			Aterciopelado	Típico de un cacao Nacional bien fermentado
Fruta Fresca	Fruta fresca total se compone de: - Fruta Bayas / Frutas del bosque / Frutos rojos: grosella roja o negra, fresa, frambuesa, mora, açai - Fruta - Cítricos: naranja, limón, lima, toronja, pomelo o sensación genérica de frutos cítricos • Fruta - Oscura: cereza, ciruela - Fruta Pulpa amarilla / naranja / blanca: albaricoque, durazno, pera o banano. - Fruta Tropical: maracuyá, piña, mango o guanábana	0 – 2: Ausente-intensidad baja		Varios lotes de cacao de África Occidental
		3 – 5: caracteriza la muestra claramente		Algunos lotes de cacao de Centro y Sur América, así como lotes de cacao bien fermentado de países de Asia y Pacífico
		6 – 7: Característica dominante		Madagascar, lotes de cacao de algunos países de Centro y Sur América, y algunos lotes de Papua Nueva Guinea
Fruta Marrón	Fruta - Seca: albaricoque y de banano deshidratados, pasa amarilla, higo que ha sido deshidratado en un proceso no azufrado	0 – 2: Ausente-intensidad baja		Varios lotes de cacao de África Occidental
		3 – 5: Caracteriza la muestra claramente		Lotes de cacao completamente fermentado de Indonesia y de algunos países del Caribe

	• Fruta - Marrón: pasa oscura, dátil, ciruela pasa • Fruta- Sobre madura: fruta severamente sobremadura tornándose marrón en el interior y exterior como a un paso de la fermentación	6 – 8: Característica dominante	Algunos lotes de cacao de Papua Nueva Guinea y de países del Caribe
Floral	Floral Total se compone de:	0 – 2: Ausente–intensidad baja	Lotes de cacao de África Occidental
	• Floral - Pasto / Vegetal verde / Hierba: ✓ Pasto - césped recién cortado, hojas verdes jóvenes ✓ Vegetal verde - hojas maduras trituradas ✓ Hierba - heno, paja o hierba verde seca, hierbas como tomillo y romero • Floral - Terroso / Hongo / Musgo / Bosque ✓ Terroso - olor de la tierra cuando llueve ✓ Hongo - olor a hongos frescos ✓ Musgo - musgo húmedo asociado a terroso ✓ Bosque - hojas y leña sobre el suelo de un bosque • Floral -Flor de azahar - específicamente el sabor de la flor del naranjo • Floral - Flores: jazmín, madreselva, rosa, lila, lirio, etc.	3 – 5: Caracteriza la muestra claramente	Lotes de cacao Nacional bien fermentado y algunos lotes de cacao de países del Caribe
		6 – 8: Característica dominante	Algunos lotes de cacao de países del Caribe y de Perú
Madera	Madera Total se compone de:	0 – 2: Ausente–intensidad baja	
	• Madera - Madera clara: ramas de árbol de cacao	3 – 5: Caracteriza la	Algunos lotes de cacao Nacional y v

	recién cortadas, madera de pino blanco, madera de arce, palito de helado/paleta • Madera - Madera oscura: roble, nogal, teca, caoba • Madera - Resina: resina de pino u otra madera	muestra claramente	arios lotes de cacao de África Occidental
Especiado	Especiado Total se compone de: • Especiado - Especias: coco seco, nuez moscada, canela, clavo, regaliz, tonka, vainilla • Especiado - Tabaco: hojas secas de tabaco • Especiado - Salado / Umami: glutamato monosódico, efecto umami	0 – 2: Ausente–intensidad baja	En la mayoría de orígenes
		3 – 5: Caracteriza la muestra claramente	Algunos lotes de cacao de África Occidental, Centro y Sur América, y países del Caribe
Nuez	Nuez Total se compone de lo siguiente: • Nuez - Parte interna: la parte comestible de una nuez levemente tostada - avellana, macadamia, pecana, nuez de nogal, de marañón, almendra, nuez de Brasil • Nuez - Piel: el sabor de la piel de una nuez levemente tostada - avellana, macadamia, pecana, nuez de nogal, de marañón, almendra, nuez de Brasil	0 – 2: Ausente–intensidad baja	En la mayoría de orígenes
		3 – 5: Caracteriza la muestra claramente	En algunos lotes de cacao de África Occidental, Centro y Sur América, países del Caribe y cacao Criollo antiguo
Dulzor	Dulzor - Azúcar blanca, azúcar morena, panela, caramelo: sabor característico en el rango de azúcar blanca refinada hasta jugo de caña caramelizado sin refinar	0 – 2: Ausente–intensidad baja	En la mayoría de orígenes
		3 – 5: Caracteriza la muestra claramente	En algunos lotes de cacao de África Occidental, Centro y Sur América, países del Caribe y cacao Criollo antiguo
Grado de	Grado de Tostado: medida del grado de tostado de los granos de cacao.	2 – 3: Tostado bajo	

Tostado	El tostado muy alto o muy bajo altera la intensidad de varios atributos.	4 – 6: Tostado medio	
		7: Tostado alto	
		8 – 10: Niveles de sobre tostado o quemado	
Sabores Atípicos / Defectos	Sabor Atípico es cualquier característica desagradable como las siguientes: • Sucio/Empolvado: no relacionado con la textura, un sabor atípico/defecto • Humedad: olor de cuarto no aireado, viejo, húmedo, mohoso • Mohoso: característico del crecimiento de moho en alimentos ✓ Carne / Animal / Cuero ✓ Carne - carne curada, jamón, grasa extraída por fundición ✓ Animal - corral de animales ✓ Cuero - cuero usado y viejo • Sobre-fermentado / Fruta podrida: fruta en descomposición • Podrido / Estiércol ✓ Podrido - materia vegetativa húmeda en descomposición ✓ Estiércol: estiércol de animales de granja • Humo: contaminación con humo (de cualquier tipo) • Otros sabores atípicos: rancio, diésel, humos de aceite, petróleo, alquitrán, pintura, neumáticos, químicos, etc.	0: Ausente – Granos de cacao limpios, bien fermentados, secados y almacenados	
		1 – 2: intensidad baja	
		3 +: Caracteriza la muestra claramente como defectuosa	

Fuente. (ISCQF 2020)



Figura 26. Detalles del proceso en la evaluación sensorial de los licores de cacao de los materiales evaluados. A) Materiales necesarios en la evaluación sensorial (Formato, lápiz, galleta simple, papel toalla, cucharías, y agua). B) Descongelación de muestras en baño maría. C) Panel de cata discutiendo valoraciones. D) Evaluación de muestras

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Variables de la hoja

5.1.1. Variables cualitativas en la hoja

En el (Cuadro 15), se puede observar que existe una baja variabilidad entre los diferentes materiales de cacao para estas variables. Todos los materiales mostraron tener hojas de textura cartácea. Y los únicos materiales que mostraron diferencias en al menos una variable fueron el FHIA-168 y el FHIA-612, mientras que los demás clones comparten características similares. Por lo tanto, es necesario utilizar las variables cuantitativas como un método de diferenciación más preciso, ya que las variables cualitativas no fueron suficientes para distinguir entre la mayoría de los materiales evaluados. Esto permitirá obtener una mayor certeza en los datos y una caracterización más completa de los materiales.

Cuadro 15. Variables cualitativas en 15 materiales de cacao evaluados por la FHIA

MATERIAL	APIHOJ	FORMBAS	TEXTHOJ	FORMHOJ
FHIA-168	Cuspidado	Redondeada	Cartácea	Ovoide
FHIA-276	Caudado	Obtusa	Cartácea	Ovoide
FHIA-310	Caudado	Obtusa	Cartácea	Ovoide
FHIA-32	Caudado	Obtusa	Cartácea	Ovoide
FHIA-330	Caudado	Obtusa	Cartácea	Ovoide
FHIA-359	Caudado	Obtusa	Cartácea	Ovoide
FHIA-478	Caudado	Obtusa	Cartácea	Ovoide

FHIA-483	Caudado	Obtusa	Cartácea	Ovoide
FHIA-513	Caudado	Obtusa	Cartácea	Ovoide
FHIA-515	Caudado	Obtusa	Cartácea	Ovoide
FHIA-533	Caudado	Obtusa	Cartácea	Ovoide
FHIA-612	Acuminado	Obtusa	Cartácea	Ovoide
FHIA-65	Caudado	Obtusa	Cartácea	Ovoide
FHIA-677	Cuspidado	Obtusa	Cartácea	Obovada
FHIA-741	Caudado	Obtusa	Cartácea	Ovoide

El (Cuadro 16) se observa el índice de Simpson para los 15 materiales de cacao evaluados, donde valores cercanos a cero (0) indican una baja diversidad y valores cercanos a uno (1) alta diversidad. En la textura de la hoja se puede observar que todos los materiales pertenecen a el tipo cartacea por sus valores cercanos a cero (0) que indican una baja variabilidad. A diferencia de las otras variables donde existe variabilidad intermedia lo que indica que en los materiales se pueden encontrar diferentes categorías, para el caso de APIHOJ que el material FHIA-478 comparte diferentes categorías, y en la FORMHOJ es el FHIA-677 que muestra más variabilidad. La alta variabilidad resulta ser no deseado en la caracterización de materiales ya que no tiene una característica que identifique el clon como tal y obliga a el conjunto de parámetros para caracterizar.

Cuadro 16. Índice de Simpson en variables cualitativas tomadas en 15 materiales de cacao seleccionados por la FHIA

MATERIAL	APIHOJ	FORMBAS	TEXTHOJ	FORMHOJ
FHIA-168	0.4	0.5	0.0	0.6
FHIA-276	0.4	0.5	0.1	0.4
FHIA-310	0.3	0.1	0.1	0.6
FHIA-32	0.2	0.2	0.0	0.5
FHIA-330	0.3	0.3	0.1	0.4
FHIA-359	0.5	0.2	0.0	0.3
FHIA-478	0.7	0.2	0.0	0.4

FHIA-483	0.4	0.0	0.0	0.6
FHIA-513	0.3	0.5	0.0	0.4
FHIA-515	0.6	0.2	0.1	0.5
FHIA-533	0.3	0.5	0.1	0.3
FHIA-612	0.4	0.2	0.0	0.3
FHIA-65	0.4	0.1	0.0	0.5
FHIA-677	0.6	0.5	0.0	0.7
FHIA-741	0.2	0.5	0.1	0.5

Cuadro 17 muestra el índice de Shannon fue utilizado para analizar la diversidad en las categorías de cada variable, y se observó que la FORMHOJ y el APIHOJ mostraron una mayor diversidad en comparación con la TEXTHOJ que solo presentó dos categorías, siendo estas de tipo cartácea y coriácea. Por otro lado, el índice de Simpson fue utilizado para analizar la variabilidad de cada categoría en todos los materiales evaluados. En el caso de la variable TEXTHOJ, se obtuvo un índice de 0.04, lo cual indica una baja diversidad. Esto significa que todos los materiales pertenecen a la categoría de textura cartácea, en la (Figura 30) se ve explicado de una mejor manera.

En contraste, el APIHOJ) mostró un índice de Simpson de 0.55, lo cual indica una diversidad moderadamente alta. Se observaron diferentes categorías presentes en esta variable, y aunque el tipo caudado es predominante, algunos genotipos no comparten esta categoría. En resumen, el análisis utilizando el índice de Shannon y el índice de Simpson revela que la variable TEXTHOJ presenta poca diversidad, con todos los materiales mostrando una textura cartácea. En cambio, la variable APIHOJ muestra una diversidad moderadamente alta, con diferentes categorías presentes y algunos genotipos que difieren en el tipo caudado, aunque sea el más común (Cuadro 17).

Cuadro 17. Índice de Simpson y Shannon para las variables cualitativas evaluadas en hojas de los 15 materiales.

Variable	Moda	Shannon	Simpson
APIHOJ	CAUDADO	0.92	0.55
FORMBAS	OBTUSA	0.61	0.37
TEXTHOJ	CARTÁCEA	0.11	0.04
FORMHOJ	OVOIDE	0.92	0.49

En la (Figura 27) muestra la distribución de las categorías por cada material, se encontró que el ápice de tipo cirroso no se mostró en ninguno de los materiales, y que en la mayoría de los materiales el que predomina es el de tipo caudado, a excepción del FHIA-612 que predominó el ápice cuspidado al igual que en el FHIA-168.

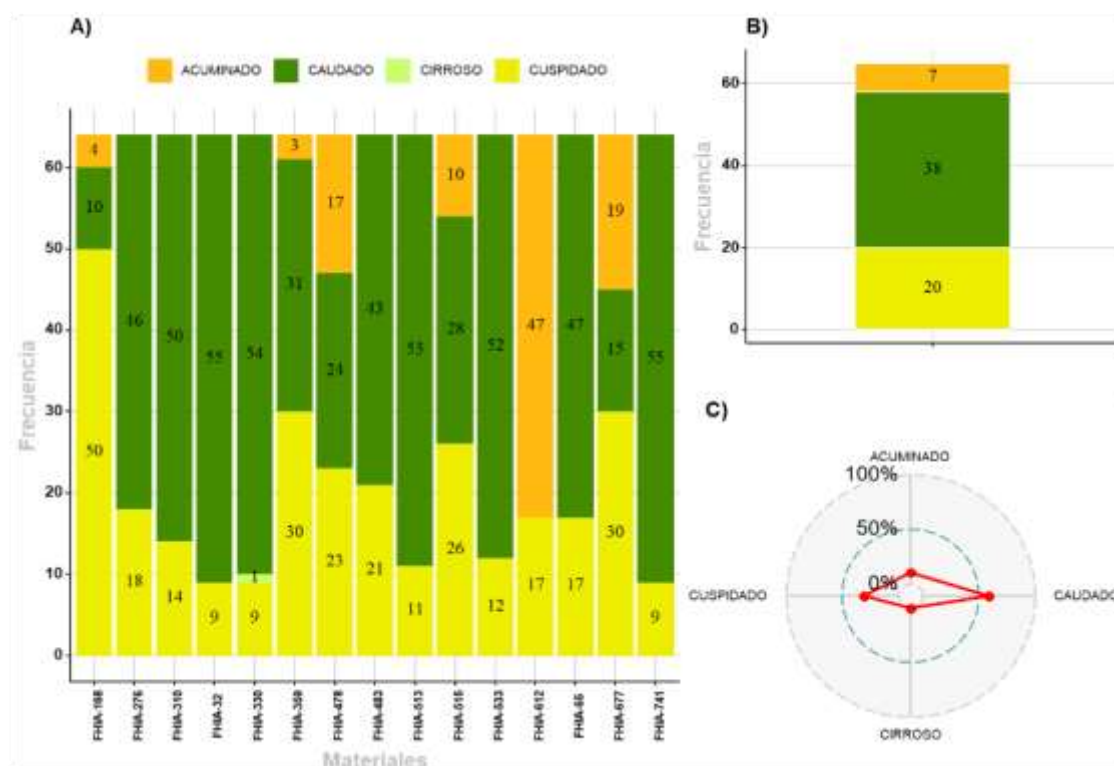


Figura 27. Parámetros del ápice de la hoja para la caracterización de 15 materiales de cacao pertenecientes a la FHIA.

(Figura 28) Se observa los parámetros descriptivos que determinan la forma de la base de la hoja, donde el material FHIA 359 es el único que se encontró el tipo de base aguda sin embargo el que lo caracteriza es el de tipo obtusa que es el más predominante en los 15 materiales. Solo el FHIA-168 muestra un tipo diferente predominando la forma redondeada.

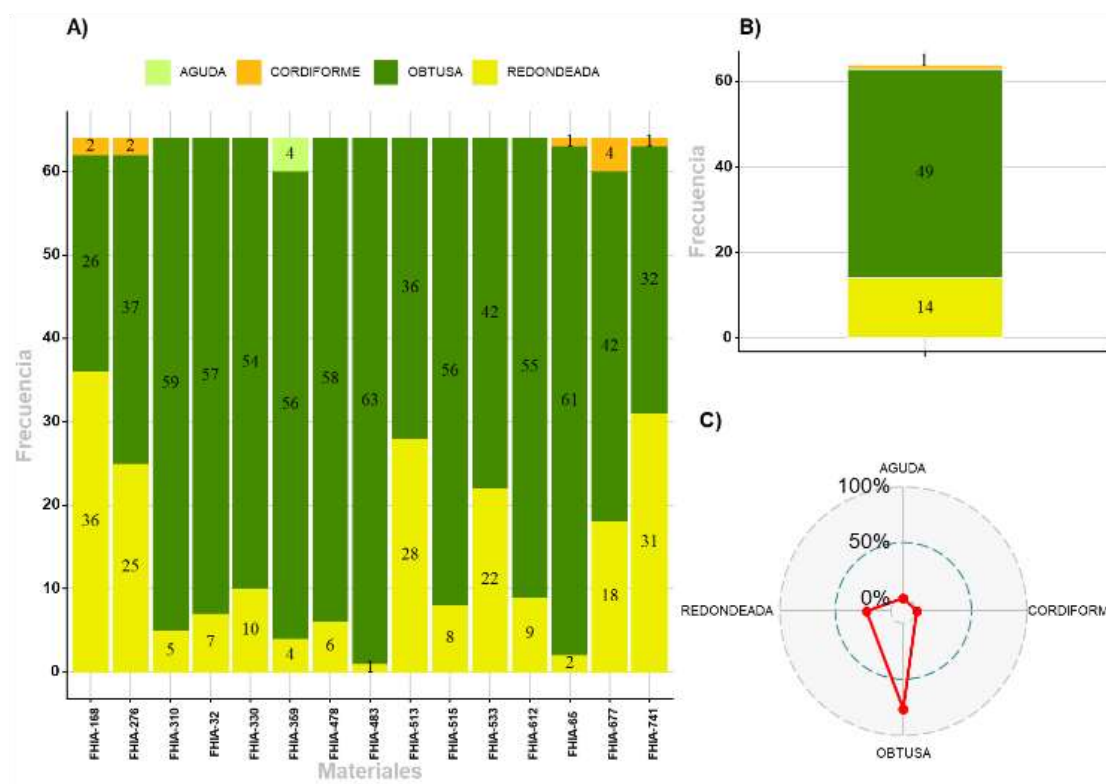


Figura 28. Categorías de formas en la base de hojas que predominan en materiales evaluados

Para el parámetro de la forma de la hoja se utilizaron tres categorías las cuales se muestran en la (Figura 29) donde la forma de la hoja que es representativa en 14 materiales es la forma ovoide, solo el FHIA-677 muestra una forma obovada. En la (Figura 29-C) se ve representado de una forma más clara.

La textura en las hojas de los materiales evaluados muestra ser de tipo cartácea en todos los materiales, la textura coriácea fue muy poco observada y solo en ocho de los 15 materiales. En la (Figura 30-C) se muestra que el 100% se caracterizó como cartácea.

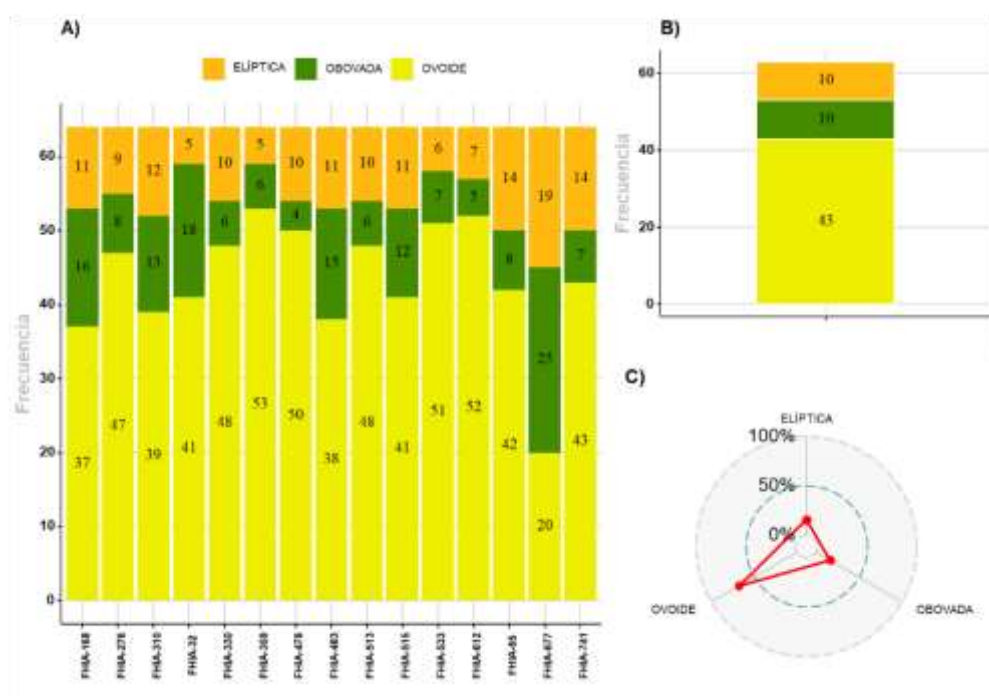


Figura 29. Caracterización de la hoja según su forma en 15 materiales de cacao de la FHIA

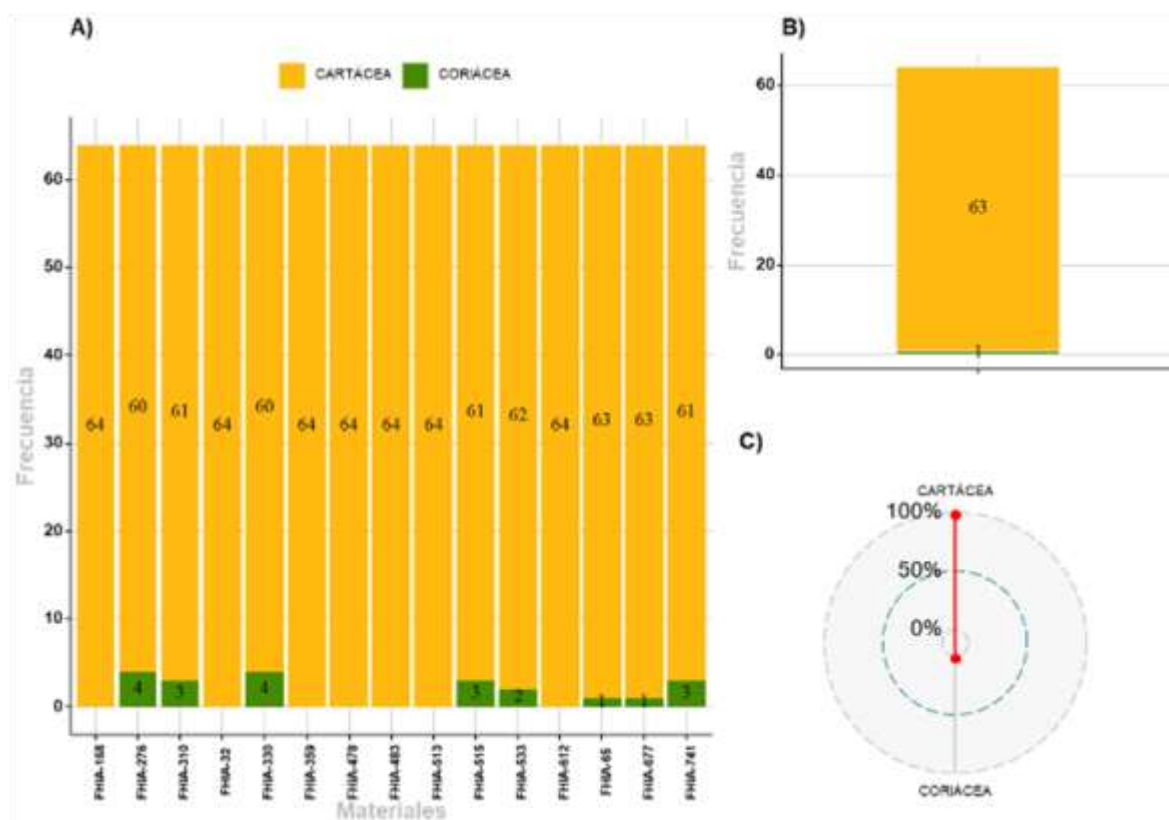


Figura 30. variable de textura en materiales de cacao evaluados

5.1.2. Variables cuantitativas de la hoja

Resultan de suma importancia en la descripción de accesiones ya que son datos precisos generalizados que proporcionan bases sólidas para la comprensión o identificación de materiales, además suelen ser variables que complementan los parámetros de identificación de un clon.

En el análisis descriptivo general del (Cuadro 18) de las variables evaluadas se pudo observar que dentro de los materiales la variable más estable fue la del ANGINT con 10.37% esto indica que los valores no están dispersos con respecto a la media de 138.68° en los 15 materiales de cacao, a diferencia de la RELLBA que muestra un CV de 29.20% mostrando alta variabilidad en los 15 materiales.

Cuadro 18. Análisis descriptivo de variables cuantitativas evaluadas en hojas de materiales genéticos de cacao de FHIA.

Variable	Media	desv_est	CV	mínimo	máximo	limite_inferior	limite_superior	F value	p-valor
LONG	35.65	5.5	15.5	21.4	53.3	24.6	46.7	86.8	<0.0001
ANMAX	13.47	2.0	14.9	7	20	9.5	17.5	66.8	2.6085E-130
RELA	2.65	0.3	11.4	0.23	3.73	2.1	3.3	43.2	2.35694E-91
LBA	18.91	3.2	16.8	9.6	31.1	12.6	25.3	46.3	5.74118E-97
RELLBA	1.92	0.6	29.2	1	18	0.8	3.0	1.94	0.0194
LONGP	2.52	0.	22.7	1.1	6.1	1.4	3.7	58.5	1.938E-117
ANGINT	138.68	14.38	10.4	79	190	109.9	167.4	27.4	1.7673E-60

En general se muestra baja variabilidad para los parámetros en los materiales evaluados lo que se puede interpretar que el órgano de la hoja no es de mucha ayuda en la caracterización de los 15 materiales de cacao evaluado, estando en acuerdo con Enríquez (1966) donde menciona que el ancho y el largo de la hoja por si solos no son muy buenas medidas para discriminar clones por lo que es necesario complementarlos con otros caracteres para una mejor discriminación. Por otro lado Enríquez (1979) mencionó que el tamaño de la hoja puede estar en función de la cantidad de luz que recibe, hay mucha variación de acuerdo a las variedades.

El material FHIA-612 presenta la menor LONG, con 27.8 cm, ANMAX más pequeño con 11.5 cm, y el menor LBA, con 15.2 cm. Por otro lado, el material FHIA-32 exhibe la mayor LONG y ANMAX, con 43.2 cm y 16.3 cm respectivamente, así como el mayor valor de LBA, con 22.6 cm. Estos hallazgos indican una correlación positiva entre el largo y el ancho de las hojas. En cuanto a LONGP, el material FHIA-359 muestra el valor más alto, con 3.1 cm, mientras que el FHIA-533 presenta el valor más bajo, con 1.7 cm (Cuadro 19).

En el (Cuadro 19) también muestra la desviación estándar de cada material para su respectiva variable, siendo la LONG la que muestra más variabilidad a diferencia de los otros parámetros y es el FHIA-32 (4.4) el más variable en cuanto a LONG, las otras variables muestran desviación estar muy bajos.

Cuadro 19. Resultados de variables cuantitativas en las hojas de los cacaos evaluados.

MATERIA L	LONG (cm)	ANMAX (cm)	RELA (cm)	LBA (cm)	RELLBA (cm)	LONGP (cm)
FHIA-168	33.8 σ 2.9	14.8 σ 1.6	2.2 σ 0.4	17.6 σ 2	1.9 σ 0.2	2.5 σ 0.4
FHIA-276	31.2 σ 4.2	11.5 σ 1.6	2.7 σ 0.4	16.8 σ 2.6	1.9 σ 0.2	2 σ 0.3
FHIA-310	33 σ 4.1	11.9 σ 1.3	2.8 σ 0.3	17.1 σ 2.3	1.9 σ 0.2	2.4 σ 0.4
FHIA-32	43.2 σ 4.4	16.3 σ 1.6	2.7 σ 0.2	22.6 σ 2.9	2 σ 0.3	2.1 σ 0.3

FHIA-330	32.5 σ 3.6	12.4 σ 1.2	2.6 σ 0.2	17.5 σ 2.2	1.9 σ 0.1	2.3 σ 0.3
FHIA-359	36.6 σ 3.5	14.5 σ 1.2	2.5 σ 0.2	20 σ 2.3	1.8 σ 0.1	3.1 σ 0.5
FHIA-478	39.6 σ 3.7	13.7 σ 1.5	2.9 σ 0.2	21.6 σ 2.7	1.9 σ 0.2	2.8 σ 0.6
FHIA-483	40.1 σ 4.1	14.1 σ 1.4	2.9 σ 0.2	21 σ 2.8	1.9 σ 0.2	3 σ 0.7
FHIA-513	39 σ 3.9	15.1 σ 1.5	2.6 σ 0.2	20.9 σ 2.1	1.9 σ 0.1	2.8 σ 0.4
FHIA-515	36.4 σ 3.1	13.3 σ 1.2	2.8 σ 0.2	19.4 σ 2.4	2.2 σ 2	3 σ 0.5
FHIA-533	30.5 σ 2.7	13 σ 1.2	2.4 σ 0.1	16.6 σ 2.1	1.9 σ 0.2	1.7 σ 0.2
FHIA-612	27.8 σ 2.6	11.5 σ 1.2	2.4 σ 0.2	15.2 σ 1.8	1.8 σ 0.2	2.5 σ 0.4
FHIA-65	36.3 σ 4.2	13.2 σ 1.6	2.8 σ 0.2	19.3 σ 2.7	1.9 σ 0.2	2.6 σ 0.4
FHIA-677	40.3 σ 4	15 σ 1.4	2.7 σ 0.2	19.4 σ 3.3	2.1 σ 0.4	2.8 σ 0.3
FHIA-741	34.4 σ 3.8	12.1 σ 1.7	2.9 σ 0.3	18.6 σ 2.4	1.9 σ 0.2	2.2 σ 0.3

5.2. Variables de la flor

5.2.1. Variables cualitativas de la flor

En la (Figura 31) se muestra la presencia y/o ausencia de antocianina en las diferentes partes de la flor. Para el caso de la ANTEST no hubo diferencias en los 15 materiales evaluados, y se puede decir que es una variable constante para cada material al igual que la ANTINFEST que mostro poca variabilidad por material por lo que ayuda a una mejor caracterización ya que son cualidades propias de cada material.

Las variables de ANTFIL y ANTLIG muestran variabilidad para cada material, sin embargo, siempre se muestra una predominancia muy amplia por lo que se puede catalogar como cualidades de tipo intermedio para diferenciar materiales, aunque las pocas categorías son factor poco favorable. La ANTSEP es un carácter que muestra mucha variabilidad según la (Figura 31) que se pueden observar valores muy compartidos.

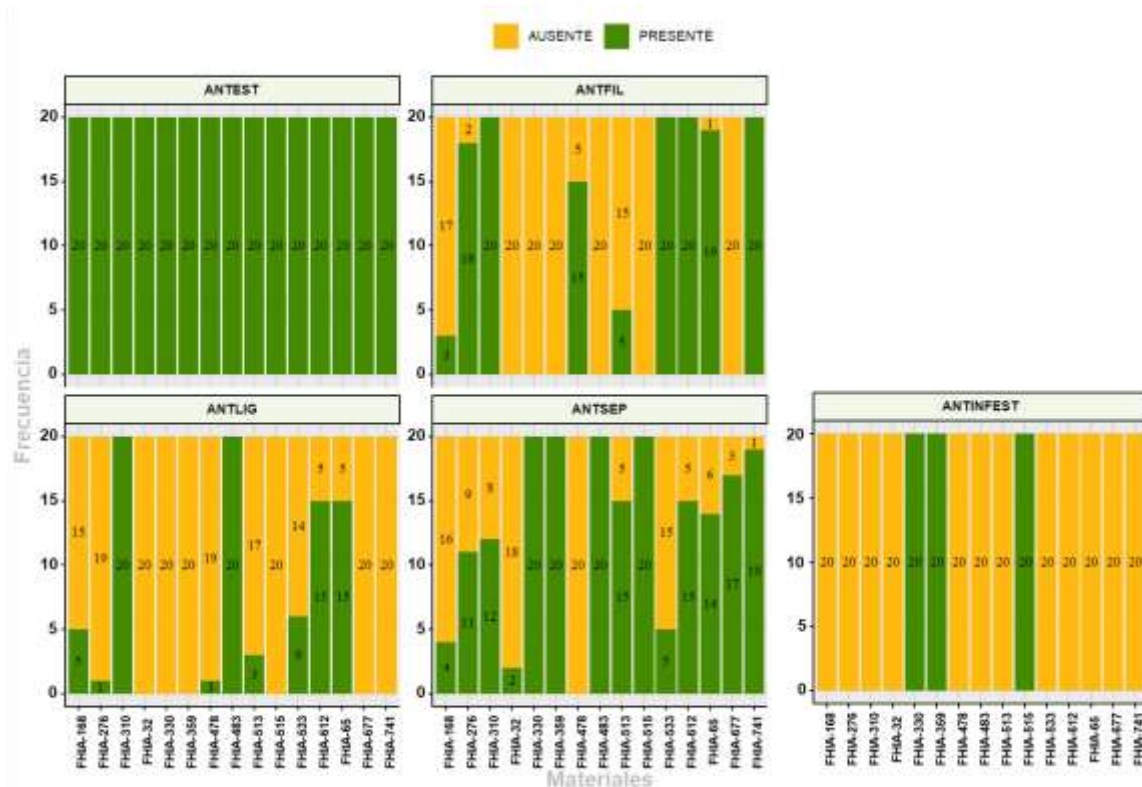


Figura 31. Presencia y/o ausencia de antocianina en partes de la flor de cacao en los 15 materiales evaluados.

5.2.2. Variables cuantitativas

En (Figura 32) el histograma de LONGTOT nos brinda una representación visual de la distribución de longitudes totales de flores en los 15 materiales evaluados. Muestra una amplia dispersión de valores, con una media de 24 mm, y señala la presencia de valores atípicos por debajo de los 18 mm debido a la baja frecuencia de flores con esa longitud en el conjunto de datos. Se observa una LONGPED de 17 milímetros, junto con una dispersión que abarca desde los 10 hasta los 25 milímetros. Esto indica que existe variabilidad en las longitudes de pedicelo entre los clones de cacao, pero una tendencia hacia el valor de 17 milímetros como el más común en las muestras estudiadas.

La LONGFL exhibe valores estables y una dispersión baja, lo cual indica una poca variabilidad en esta característica. L, con una media de 6.9 para los 15 materiales estudiados. En el DIAMFL el histograma muestra un pico en el intervalo de frecuencia entre 12.2 y 13.4, lo cual indica una concentración significativa de datos en ese rango (Figura 32).

La dispersión de 7.4 a 19.4 muestra la variabilidad en los datos. En DIAMPED muestra una baja dispersión y la presencia de valores atípicos. Sin embargo, se puede apreciar una distribución que sugiere cierta normalidad en los datos, teniendo en cuenta que se trata de muestras de 15 materiales diferentes. Esto indica que los valores del DIAMPED presentan cierta consistencia y patrón similar entre los diferentes materiales analizados (Figura 32).

El NUMOV muestra tres picos destacados, lo que indica la presencia de tres grupos o rangos con una concentración significativa de óvulos. La dispersión desde 38 hasta 58 muestra una variedad de valores en este rango, mientras que los valores atípicos por encima de 56 indican casos excepcionales con un alto número de óvulos (Figura 32).

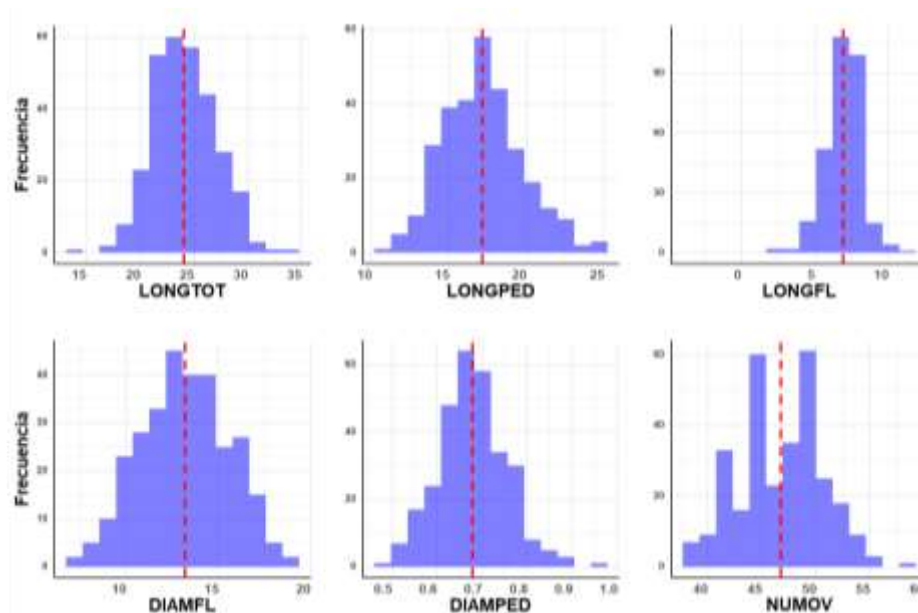


Figura 32. Histogramas de variables cuantificables tomadas en flor de los 15 materiales evaluados.

En el (Cuadro 20) se puede observar la representación en cuanto las variables cuantitativas de la flor, encontrándose que para LONGPED es de 22.04 mm y corresponde al material FHIA-677 y el que menos valor tiene es el FHIA-32 con 14.5 mm. En el DIAMFL el FHIA-310 tiene un menor valor siendo 9.5 mm la media representativa del material. El DIAMPED es el valor que menos variabilidad presenta siendo el promedio de los 15 materiales 0.68 mm y 0.61 mm el FHIA-359 con menor grosor y FHIA-533 con 0.77 mm que mayor valor presenta.

El NUMOV representa la cantidad máxima de almendra que puede tener un fruto, si fuesen fecundados por completo. El FHIA-359 (40.25) es el material con menos óvulos por ovario, y el FHIA-478 (52.6) que mayor valor contiene. Estos resultados indican que los clones exhiben diferencias en la capacidad de producción de óvulos por ovario, lo que puede tener implicaciones en la fertilidad y la productividad de los cultivos de cacao (Cuadro 20).

Cuadro 20. Valores representativos de las variables cuantitativas medidas en la flor de los 15 materiales evaluados.

Material	LONGTO T	LONGPE D	LONGFL	DIAMF L	DIAMPE D	NUMO V
FHIA-168	23.9 σ 2.9	17.44 σ 1.5	6.42 σ 2.4	12.9 σ 0.9	0.65 σ 0.03	46.4 σ 2.
FHIA-276	23.7 σ 2.3	16.24 σ 1.9	7.45 σ 0.8	12.6 σ 1.8	0.71 σ 0.09	51.4 σ 1.8
FHIA-310	26.68 σ 2.2	18.62 σ 1.7	8.06 σ 0.62	9.6 σ 1.01	0.71 σ 0.07	48 σ 2.43
FHIA-32	20.67 σ 1.9	14.5 σ 1.5	6.2 σ 1.1	14.9 σ 1.5	0.72 σ 0.06	45.4 σ 2.3
FHIA-330	23.01 σ 2	15.67 σ 2.2	7.4 σ 1.38	11.7 σ 1.7	0.74 σ 0.05	43.9 σ 1.4
FHIA-359	21.59 σ 2.3	14.97 σ 1.6	6.6 σ 1.34	16.8 σ 1.5	0.61 σ 0.04	40.3 σ 1.5
FHIA-478	26.13 σ 3	18.84 σ 2.1	7.3 σ 1.85	14.6 σ 1.5	0.65 σ 0.08	52.6 σ 2.5
FHIA-483	22.72 σ 1.5	17 σ 1.3	5.7 σ 1.02	15.4 σ 1.2	0.66 σ 0.03	49.75 σ 1
FHIA-513	24.09 σ 1.5	17 σ 1.6	7.1 σ 0.86	13.1 σ 1.7	0.71 σ 0.04	46.1 σ 1.7

FHIA-515	26.75 σ 2.9	19.42 σ 2.2	7.3 σ 0.83	13 σ 2.6	0.63 σ 0.09	43.5 σ 2.7
FHIA-533	22.29 σ 2.4	14.68 σ 2	7.6 σ 0.86	12.2 σ 1.5	0.77 σ 0.08	45.5 σ 3.1
FHIA-612	23.73 σ 1.8	16.75 σ 1.3	6.9 σ 1.05	14.7 σ 1.3	0.7 σ 0.08	49.9 σ 1.2
FHIA-65	25.27 σ 2	18.38 σ 1.4	6.9 σ 0.84	11.8 σ 1.4	0.63 σ 0.05	43.8 σ 2.4
FHIA-677	27.96 σ 1.8	22.04 σ 1.4	5.9 σ 1.51	13.8 σ 1.6	0.63 σ 0.07	44.3 σ 1.7
FHIA-741	23.3 σ 2	16.1 σ 1.5	7.2 σ 0.79	11.1 σ 1.7	0.67 σ 0.06	50.6 σ 1.5

Para la variable NUMOV se encontró muy poca variación para cada material siendo un carácter importante en la caracterización varietal, como lo mencionan (López *et al.* 1988, Enríquez 1979, Ramos *et al.* 2004) que es un carácter consistente y de baja variabilidad, utilizado como indicador del número de semillas por fruto, seleccionar cultivares basados en este número, se puede favorecer una mayor producción de semillas por mazorca, además, es un carácter heredable controlado principalmente por genes de acción aditiva. En cuanto al tamaño de la flor se encuentra variabilidad muy baja para estos materiales, aunque Enríquez (1979), menciona que el tamaño de la flor varía mucho entre variedades, pero puede estar bastante afectado por el medio ambiente.

5.3. Compatibilidad sexual

Para realizar polinizaciones manuales en cacao es necesario contar con condiciones climáticas ideales para evitar los resultados con poca credibilidad, como recomienda Scheltema (1989) hay que evitar trabajar polinizaciones artificiales en época de lluvia, la alta humedad reduce la producción y asciende la caída de flores. En el tiempo de evaluación predominaron las lluvias y la escasez de flores por lo que son los responsables de las pocas cruas realizadas. Sin embargo, se avanzó en 19 cruas de los materiales evaluados.

De las 19 cruzas hechas 12 resultaron con inter-compatibilidad (IC), aunque (FHIA-310 x FHIA-32) y (FHIA-513 x FHIA-741) se clasificaron como IC por el porcentaje mínimo aceptado, el material que más resalta es el FHIA-741 que en cuatro (4) cruzas siendo hembra y una (1) como macho presente compatibilidad con los materiales cruzados. En general se observan varios con compatibilidad, aunque es necesario realizar más cruces para llegar a conclusiones estables.

Cuadro 21. Resultados de la compatibilidad en algunos cruces realizados.

Hembra	Macho	Fecha de polinización	Día 3	Día 8	Día 15	% prendimiento	Característica
FHIA-741	FHIA-32	26/8/2022	15	14	13	43	IC
FHIA-310	FHIA-32	20/9/2022	14	10	9	30	IC
FHIA-612	FHIA-32	28/7/2022	5	2	0	0	II
FHIA-276	FHIA-32	18/10/2022	21	15	15	50	IC
FHIA-65	FHIA-32	28/7/2022	26	19	16	53	IC
FHIA-32	FHIA-65	26/7/2022	18	16	16	53	IC
FHIA-741	FHIA-513	14/9/2022	15	13	12	40	IC
FHIA-65	FHIA-513	12/10/2022	21	20	20	65	IC
FHIA-513	FHIA-741	2/8/2022	26	16	9	30	IC
FHIA-513	FHIA-612	2/8/2022	25	24	19	54	IC
FHIA-741	FHIA-168	31/8/2022	23	17	16	53	IC
FHIA-310	FHIA-168	14/10/2022	12	4	4	13	II
FHIA-276	FHIA-168	14/9/2022	18	16	12	40	IC
FHIA-483	FHIA-612	3/8/2022	12	9	3	10	II
FHIA-483	FHIA-276	5/8/2022	6	1	0	0	II
FHIA-483	FHIA-65	3/8/2022	5	3	3	10	II

FHIA-741	FHIA-359	12/10/2022	24	23	23	77	IC
FHIA-359	FHIA-32	29/7/2022	17	5	4	13	II
FHIA-359	FHIA-513	29/7/2022	9	5	1	3	II

Ramírez (2019) menciona que una de las principales características de los cultivares para su liberación debe ser la auto-compatibilidad ya que presenta ventajas, ya que son los mejores donadores y receptores de polen, además otra de las ventajas es que se puede establecer una parcela monoclonal o con otras parcelas auto-compatibles. Laínez (1991) evaluó cruces inter-clonales entre Catongo x Pound-12 y dedujo que los árboles auto-compatibles tuvieron un mayor número de mazorcas y un mejor rendimiento en peso seco que los auto-incompatibles.

5.4. Variables de fruto

Los 15 materiales en la presente investigación fueron caracterizados haciendo uso de 28 variables cuantitativas y 6 parámetros cualitativos. Cabe mencionar que en estas variables no hubo cantidad de frutos equitativos al momento de caracterizar los diferentes materiales, por lo que se tomó la decisión de unir la cantidad de frutos de las repeticiones, respetando la trazabilidad de cada cultivar, ya que el número de frutos lo determinó la producción en la época de evaluación (mayo a diciembre).

5.4.1. Variables cualitativas

Las variables cualitativas se determinaron *in situ* observando frutos inmaduros pero desarrollados y maduros fisiológicamente para las evaluaciones respectivas. Las variables cualitativas muestran características fenotípicas observables de los materiales, para las 6 características descriptivas de la forma del fruto, se pudo observar una predominancia de amelonado (46.67%), caso contrario fue la forma de cundeamor que solo el FHIA-32 (6.67%)

fue caracterizado. La variable que presentó similitud en la mayoría de materiales evaluados fue la forma del ápice, encontrando la forma caudada en 7 (46.67%) de los 15 cultivares. Para el caso del color en fruto muy variante sobresaliendo el color amarillo y sus tonos en frutos maduros y verde en frutos inmaduros (Cuadro 22).

Cuadro 22. Variables cualitativas en fruto de los 15 materiales evaluados.

Material	Color Inmaduro	Color Maduro	Forma	Constricción basal	Forma del ápice	Rugosidad
FHIA-65	Verde Menta	Amarillo huevo	Angoleta	Suave	Mamilado	Suave
FHIA-276	Verde cerceta	Amarillo Limón	Amelonado	Suave	Dentado	Intermedia
FHIA-310	Verde Menta	Amarillo Maíz	Amelonado	Suave	Dentado	Suave
FHIA-330	Púrpura	Rojo Lacre	Amelonado	Intermedia	Caudado	Suave/ausente
FHIA-515	Rojo cereza	Rojo Naranja	Pentágona	Fuerte	Caudado	Suave
FHIA-533	Verde succulento	amarillo huevo	Amelonado	Intermedia	Caudado	Suave/ausente
FHIA-612	verde menta	amarillo maíz	Amelonado	Suave	Obtuso	Suave
FHIA-741	verde esmeralda	Amarillo Limón	Amelonado	Suave/ausente	Dentado	Suave
FHIA-32	Verde cerceta	amarillo ámbar	Cundeamor	Fuerte	Caudado	Áspera/intermedia
FHIA-168	verde cerceta	Amarillo Limón	Angoleta	Intermedia	Caudado	Intermedia
FHIA-483	verde menta	amarillo ámbar	Angoleta/amelonado	Ausente	Dentado	Ausente
FHIA-359	rojo vino	color caoba	Pentágona	Fuerte	Caudado	Suave
FHIA-513	verde mar	amarillo crema	Amelonado	Intermedia	Caudado	Ausente

FHIA 677	lavanda /púrpura	color salmón/me lón	Angoleta	Fuerte	Dentado	Intermedia
FHIA 478	verde cerceta	amarillo huevo	Angoleta	Suave	Dentado	Intermedia

Fuente: Elaboración propia

5.4.2. Variables cuantitativas

El peso de los frutos para los 15 materiales evaluados anda en una media de 626.2 g (Cuadro 22), entre los rangos de 501.8 g (FHIA-330) hasta los 734.5 g (FHIA-478), el fruto que menor longitud presento fue el FHIA-330 (16.2cm) y el de mayor fue el FHIA-359 (21.5cm). (Arciniegas 2005) en una caracterización de árboles superiores reporta un promedio en el peso de 574.1g con 17.3 cm de longitud (Cuadro 23).

En el Cuadro 23 se representa los promedios para cada material, de las características más importantes podemos mencionar al FHIA-478 con mayor, grados brix, pH. El material FHIA-612 es el que mayor peso promedio por almendra fresca representa con un alto porcentaje de almendras sanas por fruto (98.7%) que lo comparte con el FHIA-330. El FHIA-359 es el material con frutos más largos y el FHIA-330 con el FHIA-533 los que menos longitud presentan.

Cuadro 23. Caracterización en 15 materiales seleccionados por la FHIA: Variables cuantitativas del fruto

Material	P (g)	LONG (cm)	DIAM (cm)	RELA	GROCAS (mm)		PROFSUR (mm)	DCASC (Kg/F)	GRABRIX	pH	PALBU (g)	PALVA (g)	PPROMALB I (g)	PPLAC (g)	PCASC (g)	% Almendras buenas
					Lomo	Surco										
FHIA-65	549.8	17.7	8.7	2.0	14.8	11.5	3.3	3.6	15	3.1	134.3	1.7	3.5	9.2	404.6	96.4
FHIA-276	721.3	20.0	9.4	2.1	17.1	12.9	4.2	11.4	15	ND	147.7	9.1	4.1	14.4	584.8	95.1
FHIA-310	659.9	18.0	9.2	2.0	14.9	12.0	2.8	6.8	15	ND	155.1	1.5	3.9	21.9	437.7	97.2
FHIA-330	501.8	16.2	8.7	1.9	15.9	11.8	4.1	9.6	15	3.3	90.8	0.8	2.7	10.0	390.4	98.7
FHIA-515	536.8	19.8	8.4	2.4	16.4	13.0	3.4	8.6	15	ND	90.7	1.5	2.6	6.8	417.1	96.3
FHIA-533	525.3	16.2	8.8	1.8	15.5	12.3	3.2	5.2	15	3.6	118.2	4.7	3.4	11.2	391.2	91.0
FHIA-612	703.0	17.0	8.5	2.1	17.5	13.7	3.9	7.0	12	ND	159.5	0.8	4.2	18.1	524.7	98.7
FHIA-741	711.3	17.4	9.8	1.8	17.7	13.5	4.2	2.0	13	3.2	149.5	1.2	4.1	18.9	548.3	98.2
FHIA-32	653.1	21.2	9.1	2.3	13.9	9.7	4.2	9.4	16	3.8	139.7	6.4	3.8	12.2	494.8	92.8
FHIA-168	658.9	20.7	9.0	2.3	15.3	13.2	2.1	8.4	16	3.7	98.7	5.9	3.4	12.2	549.1	86.1
FHIA-483	523.6	16.3	8.5	1.9	12.5	10.7	1.8	7.4	17.0	3.2	150.0	3.6	3.4	16.1	353.9	95.8
FHIA-359	627.4	21.5	8.6	2.5	16.3	13.1	3.2	10.9	9.0	3.8	101.8	2.6	3.3	14.8	494.9	94.9
FHIA-513	692.6	18.6	9.5	2.0	15.7	13.4	2.4	6.9	16.0	4.0	122.3	1.5	3.4	11.2	557.7	97.9
FHIA-677	594.2	20.3	8.5	2.4	15.7	12.7	3.0	9.2	ND	ND	99.4	4.1	3.7	12.6	478.1	90.8
FHIA-478	734.5	20.8	9.4	2.2	17.5	13.0	4.6	7.9	18.0	4.7	164.1	1.5	3.8	14.5	554.5	97.5

Fuente: Elaboración propia

En el (Cuadro 24) se presenta estadística descriptiva y los intervalos de confianza al (95%) para los descriptores relacionados al fruto, para CANTALVA, PALVA Y PPROMMALVA se observó un CV alto con valores arriba de 120%, lo cual indica, una alta variabilidad. Sin embargo no son predictores deseables, ya que afecta el rendimiento en peso del cacao (Graziani de Fariñas *et al.* 2002).

Mientras que para los descriptores ; LONG, PERI, DIAM, RELA, P, GROSUR, GROLOM, GRABRIX el CV fue menor a 18%, presentando una baja variabilidad, es decir el comportamiento de los materiales es uniforme para los descriptores mencionados, contrario a lo que menciona (Enríquez 1966) que demostró que los caracteres de LONG, DIAM, RELA son muy discriminantes y muy válidos para definir cultivares (Cuadro 24).

Cuadro 24. Estadísticos descriptivos para las variables del fruto en 15 material de cacao, pertenecientes al banco de germoplasma de la FHIA

Variable	Media	desv_est	CV	ic_inf	ic_sup
LONG	17.34	2.81	16.22	17.1	17.58
PERI	26.1	2.84	10.89	25.86	26.34
DIAM	8.31	0.9	10.89	8.23	8.38
RELA	2.09	0.27	13.15	2.07	2.11
P	485.14	166.7	34.36	471.03	499.26
GROLOM	14.42	2.39	16.57	14.22	14.62
GROSUR	11.53	2.07	18	11.35	11.7
PROFSUR	2.89	1.38	47.64	2.77	3.01
DLOMB	6.41	3.75	58.48	6.09	6.73
DSURB	6.04	3.56	59.03	5.74	6.34
DLOMC	6.73	3.53	52.45	6.43	7.03
DSURC	6.77	4	59.15	6.43	7.11
DLOMAP	8.3	4.07	49	7.95	8.64
DSURAP	8.34	4.56	54.7	7.96	8.73
GRABRIX	15.31	1.76	11.49	15.16	15.45
pH	3.41	0.42	12.26	3.38	3.45
CANTALBU	31.81	10.08	31.67	30.96	32.67
CANTALVA	2.32	2.99	128.82	2.07	2.58
PALBU	101.92	40.52	39.75	98.49	105.35

PALVA	3.52	4.78	135.76	3.12	3.92
PPLAC	10.39	7.46	71.8	9.76	11.02
PCASC	377.41	137.02	36.31	365.81	389.02
PORCALBU	21.04	6.68	31.77	20.47	21.6
PORCALVA	0.73	1.09	148.9	0.64	0.83
PORCPLAC	2.11	1.36	64.69	1.99	2.22
PORCCAS	76.15	7.27	9.54	75.54	76.77
PPROMALBU	3.25	0.81	24.98	3.18	3.32
PPROMALVA	1.06	1.29	121.57	0.95	1.17

Se llevó a cabo un análisis de correlación para las 20 variables evaluadas, con el objetivo de identificar relaciones evidentes entre ellas y, de esta manera, reducir los parámetros a evaluar en el futuro. En los 15 materiales analizados, se encontró una correlación positiva entre la dureza del mesocarpo en diferentes partes del fruto (base, centro y ápice), lo que sugiere que una sola muestra en cualquier parte del fruto es representativa, ya que no existe variabilidad entre ellas.

Otro hallazgo importante fue la alta relación entre el DIAM y el PERI, debido al uso de la fórmula para calcular el diámetro. En estos materiales, el P también mostró un comportamiento similar al DIAM. Asimismo, la variable RELA presentó una correlación de 0.85 con la longitud del fruto (Figura 33). Se observó que, a medida que aumentaba el grosor en los lomos, también aumentaba el grosor en los surcos. Entre las correlaciones encontradas, destaca que a medida que aumenta el peso del fruto, también aumenta el peso de las almendras buenas, la placenta y la cáscara del fruto.

Además, cuantas más almendras buenas haya, mayor será su peso, lo mismo ocurre con las almendras vanas. La variable peso de placenta mantuvo una correlación positiva con el peso de las almendras buenas. En cuanto a las correlaciones negativas, se encontró que, a mayor grosor de los lomos, menor fue la cantidad de almendras vanas y, por lo tanto, su peso también fue menor (Figura 33).

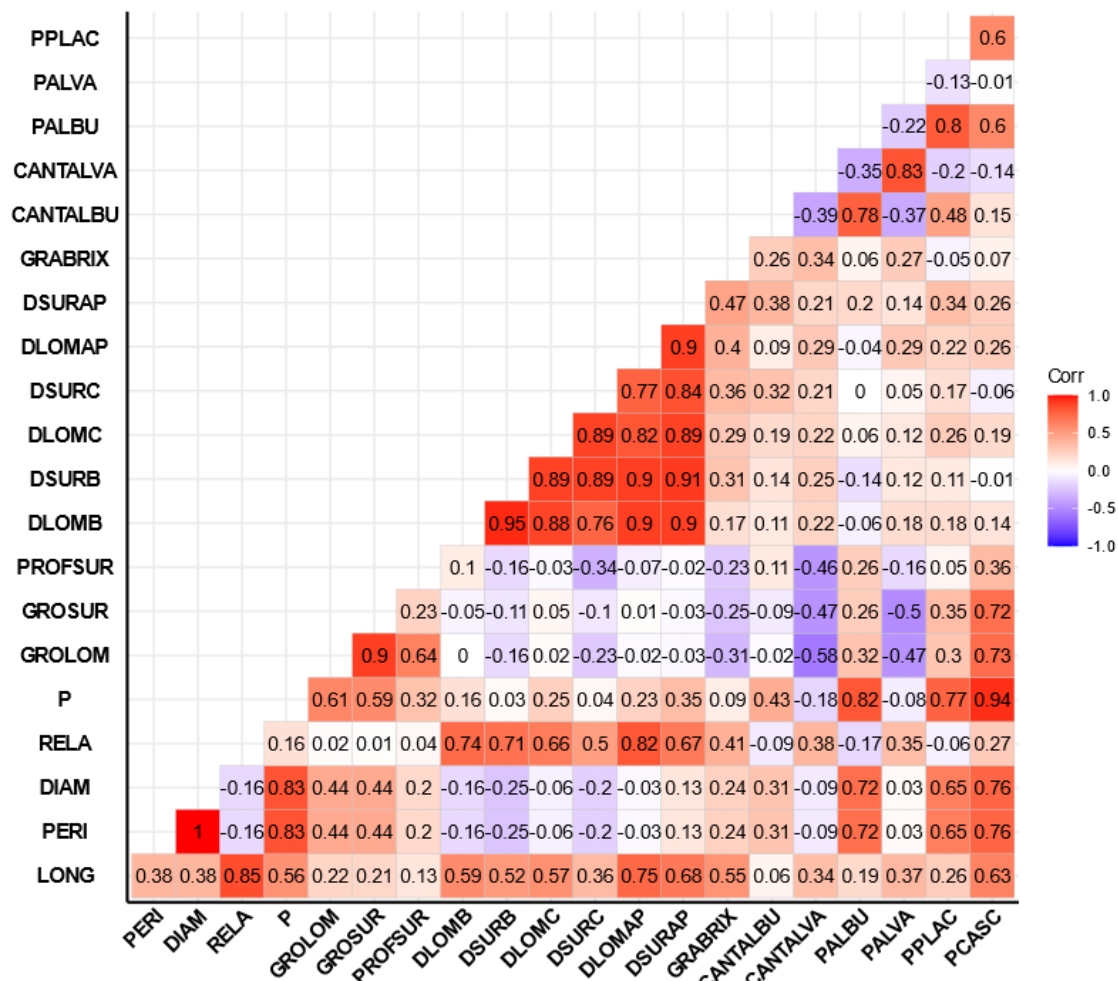


Figura 33. Análisis de correlación entre las variables del fruto en 15 materiales de cacao perteneciente al banco de germoplasma de la FHIA.

Según el análisis realizado, se encontró que la variación morfológica del fruto puede explicarse utilizando los primeros cinco componentes, que en conjunto explican el 89.34% de la variabilidad. El primer componente contribuye con el 34.03% para explicar la variación, mientras que el segundo representa el 28.43%. El tercer componente aporta un 11.56%, el cuarto un 9.87% y, por último, el quinto componente contribuye con el 5.45%. De esta manera, estos cinco componentes principales son capaces de explicar la mayor parte de la variación morfológica encontrada en el fruto (Cuadro 25).

Cuadro 25. Valores propios y proporción de la varianza explicada en análisis de componentes para las variables del fruto.

Componente	Eigenvalor (λ_p)	Varianza (%)	Varianza Acumulada (%)
CP1	7.49	34.03	34.03
CP2	6.25	28.43	62.46
CP3	2.54	11.56	74.02
CP4	2.17	9.87	83.89
CP5	1.20	5.45	89.34
CP6	0.93	4.24	93.58
CP7	0.46	2.07	95.65
CP8	0.40	1.80	97.46
CP9	0.26	1.20	98.65
CP10	0.14	0.62	99.27
CP11	0.10	0.47	99.74
CP12	0.04	0.17	99.91
CP13	0.02	0.09	100

La interpretación de la contribución de las variables originales a los componentes principales revela que el Componente Principal 1 (CP1) muestra una correlación positiva con varias

variables, lo que indica que es el componente agrupa más variables para ser explicadas. Las variables que presentan correlación positiva con CP1 son LONG, RELA, DLOMB, DSURB, DLOMAP, DSURAP y PH. Estas variables tienen una fuerte influencia en la formación de CP1, ya que su contribución es significativa debido a sus altos valores de correlación. Por otro lado, el Componente Principal 2 (CP2) mantiene correlación positiva con un conjunto más reducido de variables, que incluyen PERI, DIAM, GROLOM, GROSUR y PALBU. Estas variables contribuyen al CP2, pero en menor medida en comparación con CP1 (Cuadro 26).

La cantidad de variables explicadas por CP2 es menor debido a que su correlación con estas variables es menos pronunciada, lo que indica una influencia relativamente más débil, porque a mayor sea el valor absoluto de la correlación, mayor será la contribución de esa variable al componente principal correspondiente, hay otras variables que no se rigen por un solo componente principal, sino que son explicadas por dos o más. Un ejemplo de esto es P, PPLAC, PCASC y CANTALBU, que presentan la mayor correlación entre CP1 y CP2. Estas variables muestran una relación significativa tanto con CP1 como con CP2, lo que indica que contribuyen a la formación de ambos componentes principales (Cuadro 26).

En resumen, la interpretación de la contribución de las variables originales a los componentes principales revela que CP1 explica la mayor cantidad de variables debido a su correlación positiva con varias variables. CP2 explica menos variables, ya que mantiene correlación positiva solo con un conjunto reducido de variables. Otras variables son explicadas por dos o más componentes principales.

Cuadro 26. Correlación entre las variables del fruto y los cinco primeros componentes principales en la caracterización del germoplasma de cacao perteneciente de la FHIA.

Variable	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
LONG	0.86	-0.06	0.25	0.34	0.11

PERI	0.43	0.75	0.41	-0.05	-0.10
DIAM	0.43	0.75	0.41	-0.05	-0.10
RELA	0.69	-0.47	-0.01	0.40	0.16
P	0.68	0.69	0.09	0.01	-0.12
GROLOM	0.25	0.70	-0.44	0.48	0.03
GROSUR	0.25	0.63	-0.39	0.41	-0.30
PROFSUR	0.12	0.44	-0.29	0.34	0.58
DLOMB	0.76	-0.48	-0.30	0.07	0.03
DSURB	0.71	-0.61	-0.30	-0.07	-0.06
DLOMC	0.79	-0.42	-0.28	-0.05	-0.15
DSURC	0.64	-0.55	-0.27	-0.33	-0.20
DLOMAP	0.83	-0.46	-0.11	0.11	-0.05
DSURAP	0.90	-0.33	-0.12	-0.17	0.04
GRABRIX	0.45	-0.24	0.49	-0.20	0.34
Ph	0.65	0.26	0.27	0.03	0.44
CANTALBU	0.37	0.29	-0.12	-0.79	0.31
CANTALVA	0.15	-0.57	0.69	0.18	-0.20
PALBU	0.43	0.71	0.07	-0.48	0.02
PALVA	0.15	-0.42	0.73	0.25	-0.10
PPLAC	0.54	0.53	0.00	-0.34	-0.40
PCASC	0.63	0.66	0.09	0.33	-0.11

En la (Figura 34-A) se muestra la correlación existente entre los componentes y las variables. El componente uno explica correlación positiva en LONG, RELA, P, DLOMB, DSURB, DLOMC, DSURC, DLOMAP, DSURAP, GRABRIX, pH, PPLAC y PCASC. El componente dos mantiene a PERI, DIAM, P, GROLOM, GROSUR, PALBU, PCASC con

correlación positiva, y correlaciones negativas en DLOMB, DSURB, DSURC, CANTALVA. Estas variables representan una variación mayor al 50%, sin embargo, en el gráfico se puede observar que perfectamente se pueden explicar otros componentes que muestren una mayor representatividad en las variables faltantes.

Se observan en la mayoría de variables, ángulos de 90 grados, un ejemplo puede ser el P en relación con las durezas de la cáscara, lo que se interpreta como variables que no se correlacionan.

En (Figura 34-A), se pueden ver los porcentajes en el componente tres, la correlación positiva en GRABRIX, CANTALVA y PALVA. En el CP4 la variable aportante en correlación negativa solo es CANTALBU y el CP5 explicado con una correlación positiva la variable PROFUR, indicando un comportamiento similar en correlaciones positivas y para las negativas conductas inversas. En el (Figura 34-B) se representa las aportaciones más representativas por variable, siendo en el componente uno DSURAP la que más proporción muestra acompañada de DLOMAP, LONG, P, DLOMB, PCASC, pH, DSURC, PPLAC y RELA.

,
Por lo tanto, el componente uno agrupa estas variables y las explica de una mejor forma haciendo una simplificación en el análisis de datos. El mismo caso ocurre para el componente dos, siendo las primeras 10 variables del (Figura 34-C) las más representativas en este componente.

El biplot (Figura 35) nos permite identificar las variables más discriminantes para los diferentes materiales de la muestra. En particular, se puede observar que los materiales FHIA-168, FHIA-32 y FHIA-515 están asociados con las variables PALVA y CANTALVA. Por otro lado, la dureza del fruto en diferentes puntos, GRABRAX, RELA y LONG son características representativas de FHIA-359 y FHIA-677. En el caso de FHIA-310 y FHIA-

478, los parámetros que los caracterizan son P, pH, PCASC, PPLAC, CANTALBU, DIAM y PALBU.

Por otro lado, los materiales FHIA-612 y FHIA-276 se caracterizan por su grosor y profundidad. En algunos casos, como FHIA-741, FHIA-65, FHIA-330, FHIA-483 y FHIA-513, no hay variables específicas que los describen, por lo que se hace necesario adoptar un enfoque combinado de variables cuantitativas y cualitativas para una identificación más precisa. En (Figura 35-B), muestra la varianza agrupada en componentes, siendo el CP1 el que contribuye con el 34% de la variabilidad total. (Figura 35-C) se pueden observar las variables que más contribuyen a cada componente, lo que nos permite tener una idea más clara de los parámetros que influyen en la variabilidad de los materiales (Figura 35)

Según Pérez (2009), los árboles con amplia variación en la longitud de los frutos también exhiben variaciones en el diámetro, y la posición en el árbol influye en la longitud del fruto. Por otro lado, Ramírez (1987) afirma que el grosor de la cáscara no tiene un valor heredable significativo en la progenie. Según el estudio realizado por Ramos *et al.* (2004), los caracteres más determinantes de los frutos son la longitud, el ancho y la textura de la mazorca, así como la constricción basal, la profundidad de los surcos primario y secundario, la pigmentación en el lomo y el número de almendras por fruto. Además, Enríquez (1979) sostiene que la mazorca es el órgano más variable dentro del árbol, y prácticamente no existen dos árboles con mazorcas idénticas provenientes de semillas.

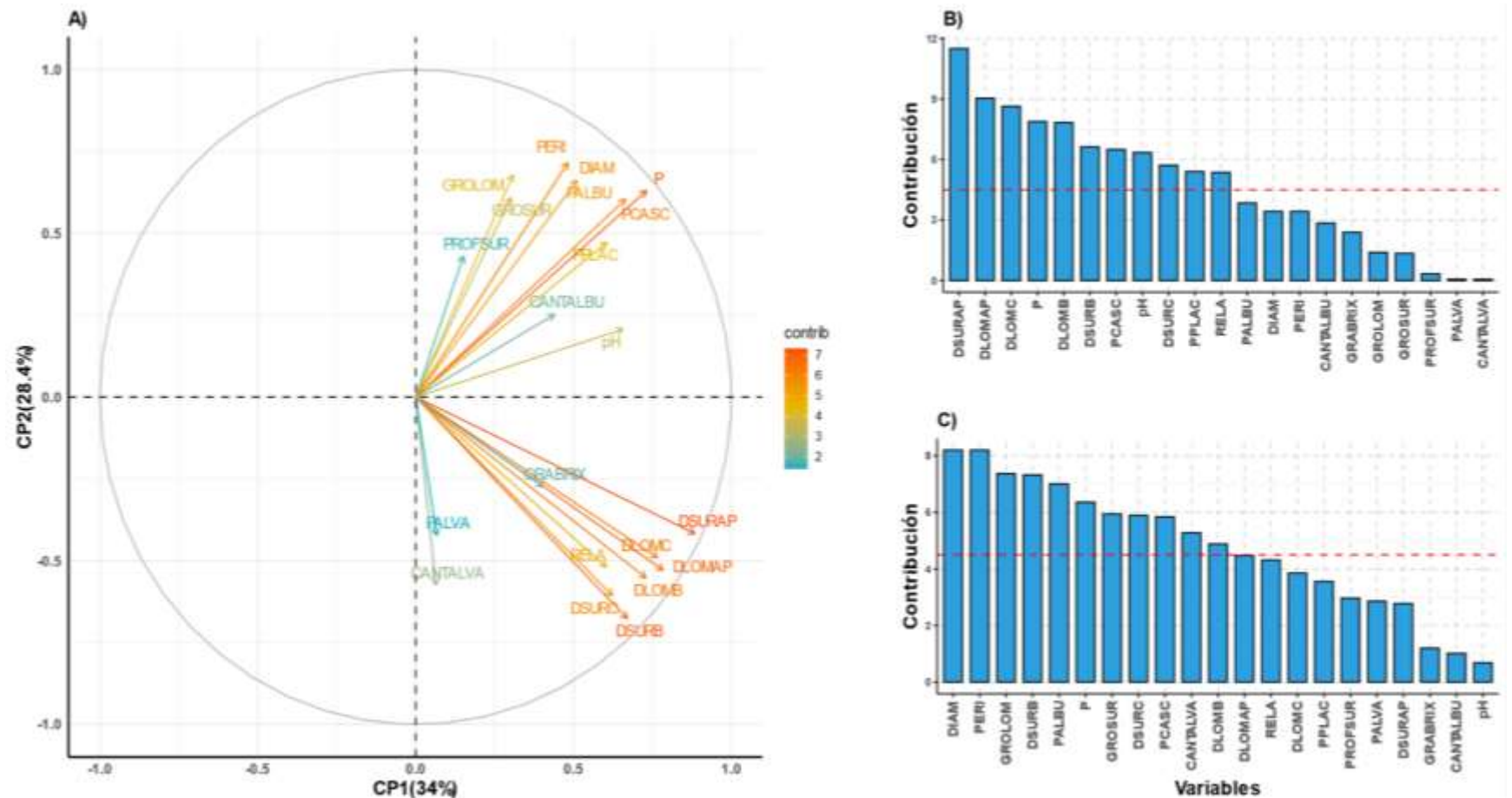


Figura 34. Distribución y contribución de las variables del fruto frente CP1 VS CP2 en la caracterización del germoplasma de caco pertenecientes a la FHIA. (A); Grafico de correlación (B); Grafico de contribución de las variables (20) frente a CP1(C); Grafico de contribución de las variables (20) frente a CP2.

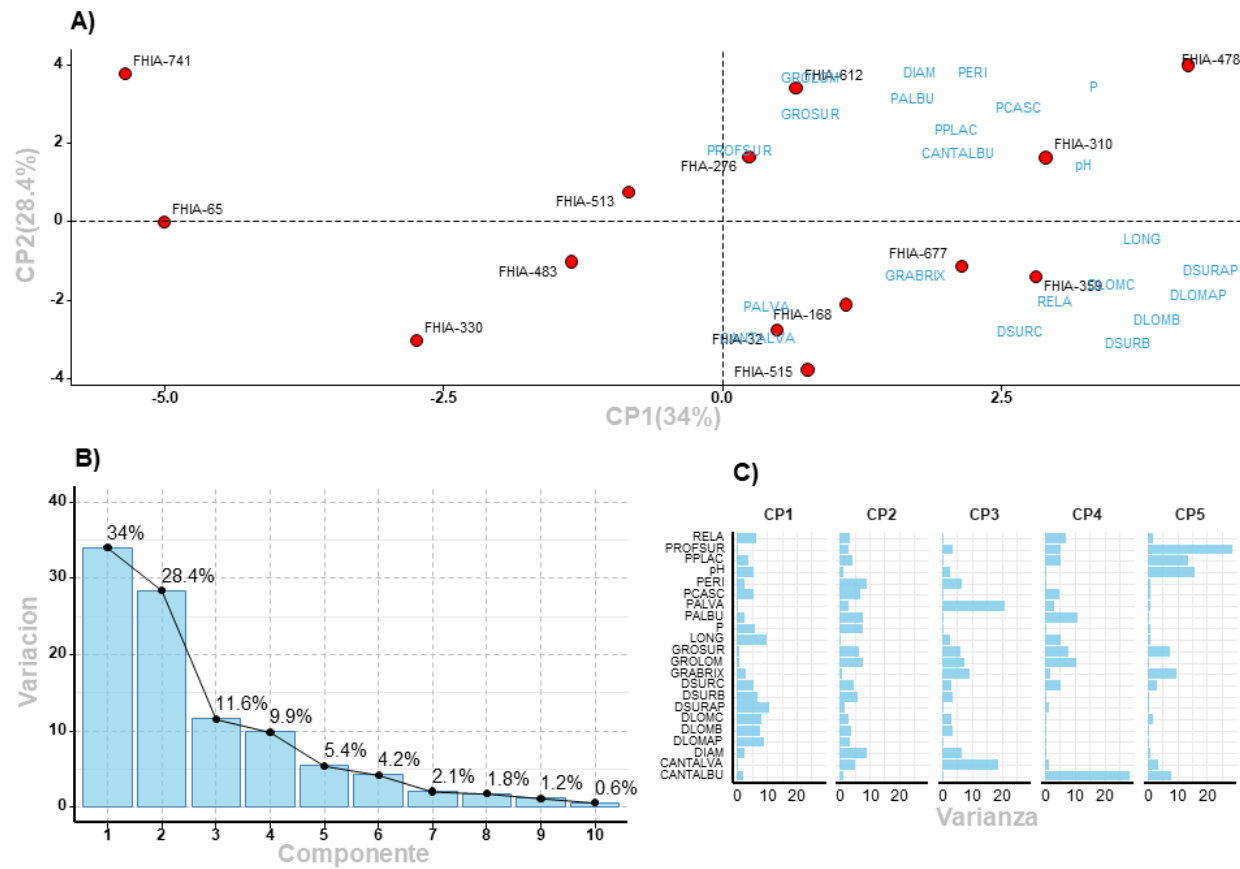


Figura 35. Representación gráfica del análisis de componentes principales. (A) Grafico Biplot (B) Grafico de varianza explicada por componentes (C) Grafico de contribución de las variables para cada componente

5.5. Variables de rendimiento

5.5.1. Distribución masal en el fruto

La distribución de la masa total del fruto entre sus órganos es importante para comprender la calidad y características del fruto, especialmente al seleccionar materiales para el cultivo de cacao. Estos parámetros son relevantes para alcanzar los objetivos de producción. En la (Figura 36) se destaca que el FHIA-483 (29.1 %) tiene un mayor porcentaje de peso en la característica de peso en cantidad de almendras buenas (PORCALBU), lo cual es un factor importante. Por otro lado, en el análisis realizado se encontró que el peso de la cáscara (PORCCAS), el peso de la placenta (PORCPLAC) y el peso de las almendras vanas (PORCALVA) son características menos deseables, en cuanto a estos aspectos, los materiales FHIA-168 (83.4%), FHIA-310 (3.5%) y FHIA-276 (1.2%) presentan los mayores porcentajes de peso respectivamente (Figura 36).

Es notable que, en todos los materiales evaluados, la cáscara del fruto es la que representa el mayor porcentaje de peso, con un promedio de 76.7% entre los 15 materiales. Por otro lado, el peso de las almendras vanas es el que tiene menos peso; con una media de 0.5% y 2.2% para el porcentaje del peso de la placenta, en términos generales estos materiales mantienen un 20.6% peso total para la cantidad de almendras con mucílago buenas por fruto (Figura 36).

Los valores obtenidos fueron cercanos a los que menciona Dubón y Sánchez (2016) donde la cáscara representa un 73%, el grano en baba un 25% y la placenta un 2%, teniendo un aprovechamiento del 9% de granos secos de cacao en relación al peso de la mazorca. Siendo la cáscara la que más peso representa en el fruto se confirma lo que menciona Ramírez (1987) que el peso de la mazorca se halla estrechamente ligado al peso de la cáscara.

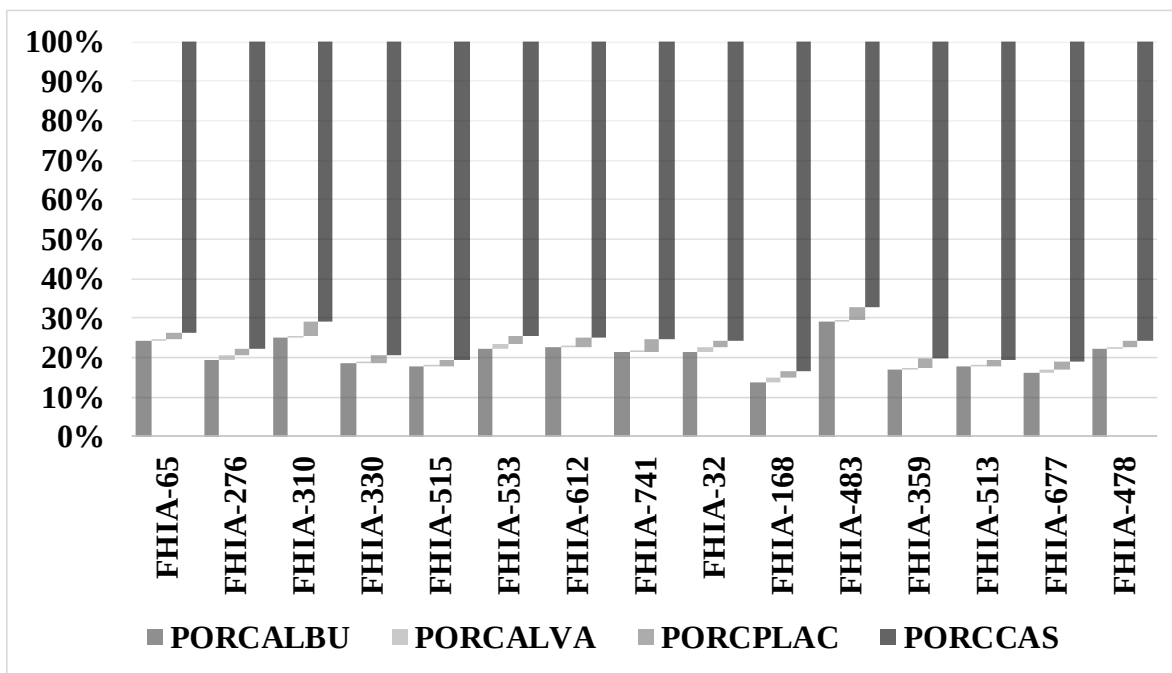


Figura 36. Distribución relativa de la masa del fruto en los 15 materiales caracterizados.

5.5.2. Cantidad de almendras buenas y vanas por fruto.

La (Figura 37) muestra la distribución de CANTALBU y CANTALVA, que son características clave en la calidad comercial del fruto. Los materiales de cacao FHIA-483 (43.9) y FHIA-478 (42.8) tienen la mayor cantidad de almendras buenas, mientras que FHIA-677 (26.9) y FHIA-168 (28.9) presentan la menor cantidad. Como característica no deseable, se destaca CANTALVA, siendo FHIA-168 (4.7) el material más afectado y FHIA-330 (0.4), FHIA-612 (0.5), FHIA-741 (0.7) y FHIA-513 (0.8) los que presentan menos almendras vanas.

En general, los 15 materiales tienen un promedio de 35.9 almendras por fruto de CANTALBU y 1.8 almendras por fruto de CANTALVA, lo cual es muy bajo y señala una buena indicación para la selección. El material FHIA-168 muestra una correlación negativa

como lo muestra la (Figura 33) entre CANTALVA Y CANTALBU, deduciendo que a mayor cantidad de almendras vanas menor es la cantidad de almendras buenas.

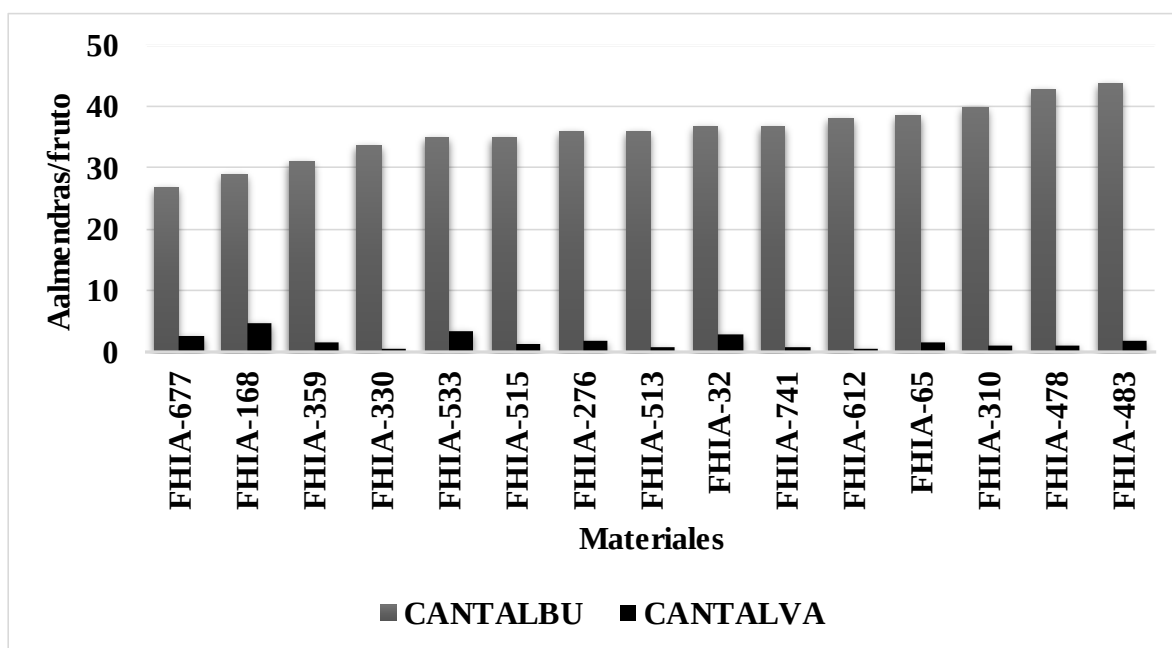


Figura 37. Cantidad de almendras por fruto para cada material clasificado en almendras buenas y almendras vanas. Se puede observar que el material de cacao

Es importante mencionar que la fecundación está influenciada por factores ambientales y la polinización, y la cantidad de semillas por fruto depende de la fecundación individual de los ovarios, que está controlada principalmente por el número de óvulos por ovario, según Enríquez y Soria (1966) citado por Graziani de Fariñas *et al.* (2002). El número de semillas por mazorca varía mucho desde 1 a 65, y depende directamente de la polinización y fecundación. (Enríquez 1979).

5.5.3. Variables de productividad.

Las variables de productividad son los principales indicativos que ayudan a los productores a decidir los materiales a utilizar por tanto son de los más importantes en la caracterización de un material genético de cacao. Los 15 materiales anduvieron en rangos de humedad cercanos a 6.5 como lo menciona la metodología y ninguno sobrepasó el 8% de humedad. Para el caso de los materiales evaluados el FHIA-276 (1.5) es el que presenta un mayor valor que no está muy por encima del promedio general (1.3) en los materiales evaluados siendo el valor mínimo 1.2 que lo comparten 7 materiales de los 15 (Cuadro 27).

En el índice de mazorca (IM) se observaron datos muy buenos que reflejan un buen rendimiento de cacao seco, siendo materiales con IM por debajo de 23. Los materiales que mejor índice presentaron fue el FHIA-612 (15) y FHIA-478 (16.1) por los índices más bajos, como lo menciona la definición el índice de mazorca es con cuantos frutos se obtiene un kilogramo de cacao fermentado seco, entre menos frutos presenta mayor será el rendimiento (Cuadro 27).

Al igual el rendimiento baba seco es la cantidad de cacao fermentado seco aprovechable en relación al peso del cacao en baba, relación de la pérdida de peso del grano en el proceso de extracción del cacao en baba, proceso de fermentación y secado. Es un índice importante en la estimación de rendimiento. Los materiales que más rendimiento presentan son el FHIA-677 (47.1%), FHIA-330 (49.3%) y FHIA-515 (51.1%). Y los que menos porcentaje de rendimiento presentaron fue el FHIA-32 (28.3%).

Cuadro 27. Variables de productividad evaluadas en 15 materiales de cacao pertenecientes al germoplasma de la FHIA

Materia I	HUM	IG	IM	REND BA-	Forma de la semilla en la sección longitudinal	Dimensiones del grano		
						LONG	AN	ESP
FHIA 515	6.5	1.2	22.2	51.1	OVOIDE/ELIPTICA	22.2	12.5	8.4
FHIA 65	6.5	1.2	21.9	37.1	OVOIDE	22.9	12.6	8.1
FHIA 276	6.6	1.5	18.6	36.6	ELIPTICA	22.8	13.3	8.8
FHIA 741	6.9	1.4	19.4	35.7	OVOIDE	22.7	13.1	7.8
FHIA 330	6.9	1.2	23.3	49.3	OVOIDE	21.4	11.9	6.5
FHIA 168	6.6	1.3	21.7	34.6	OVOIDE	21.6	12.0	8.8
FHIA 310	6.6	1.3	22.1	29.5	OVOIDE	25.6	13.5	7.2
FHIA 612	6.5	1.2	15.0	41.9	ELIPTICA	24.1	13.1	6.3
FHIA 533	6.8	1.3	21.7	37.5	OVOIDE	22.5	13.0	7.4
FHIA 32	6.4	1.3	19.4	28.3	ELIPTICA	20.4	12.1	7.3
FHIA 513	6.5	1.3	19.3	41.9	OVOIDE	23.7	13.2	7.9
FHIA 483	6.5	1.2	21.0	35.3	ELIPTICA/OBLONGA	22.1	12.8	6.8
FHIA 359	6.4	1.2	22.9	34.9	ELIPTICA	23.7	13.8	8.6
FHIA 478	6.6	1.4	16.1	37.8	ELIPTICA	23.1	13.6	8.4
FHIA 677	6.5	1.2	21.4	47.1	OVOIDE	23.5	12.2	7.1

La condición física del grano resulta importante para los mercados, por lo que las dimensiones es una de las características que determinan la aceptabilidad por parte de los compradores (Cuadro 27) se muestra los promedios en las dimensiones del grano para cada material mostrando los valores más altos el FHIA-310 (25.6 mm), FHIA-359 (13.8 mm) y FHIA-276 (8.8 mm) para longitud, ancho y espesor respectivamente.

Según Pérez (2009), los índices de fruto y semilla experimentan variaciones en función de la época de evaluación en esta etapa del cultivo. Por otro lado, Ramírez (1987) señala que el índice de mazorca está más influenciado por el peso húmedo de las semillas que por su cantidad. No obstante, el índice de mazorca no siempre es uniforme, como indica Ramírez (2014), debido a factores como la genética, el ambiente, la edad de la planta, la posición dentro de la estructura de la planta, las condiciones del suelo, la nutrición y la polinización cruzada.

Además, Ramírez (2014) destaca la importancia del peso promedio de un grano (IG), siendo un dato crucial para los mercados exigentes que prefieren la categoría "A". En Honduras el mejor grano de cacao debe cumplir con unos requisitos mínimos de calidad para su comercialización no tenga rechazos, uno de los requisitos es un IG entre 1.05 a 1.40 g (Dubón y Sánchez 2016).

En el (Cuadro 28) se muestra el índice de correlación para las variables de dimensión, medidas en grano, en una muestra de 840 granos de los diferentes materiales, donde el valor más alto es de 0.44 para largo y ancho del grano, lo que se interpreta como una correlación moderada, para este caso no se estima una relación lineal exacta para ninguna de las variables.

Cuadro 28. Coeficientes de correlación de Pearson para las dimensiones del grano.

	Largo	Ancho	Espesor
Largo	1	0	0.25
Ancho	0.44	1	0.29
Espesor	-0.04	0.04	1

5.5.4. Peso de cotiledón y testa del grano de cacao representado en porcentaje

A los 15 materiales se les evaluó el peso de cotiledón aprovechable y testa en promedio para cada material, expresado en porcentaje. El FHIA-330 es el único que sobrepasa el 20% para el caso del peso de la testa, los 14 restantes están por debajo de 20 con un promedio de 16.9% siendo el menor el FHIA-32 con 14.08% (Figura 38).

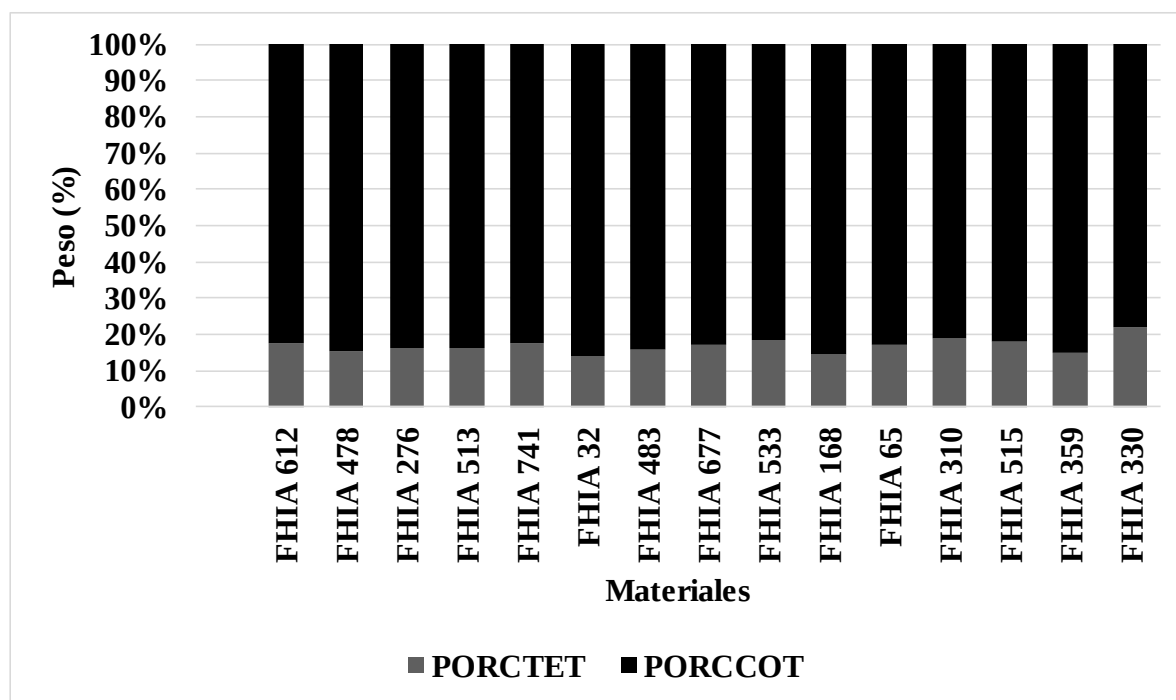


Figura 38. Distribución masal en el grano fermentado y seco para 15 materiales de cacao.

5.5.5. Rendimiento e incidencia a enfermedades bajo condiciones naturales

El rendimiento y la incidencia de enfermedades fueron monitoreados quincenalmente por el personal experimentado de la FHIA en los dos lotes donde se encuentra el material experimental. En el "Lote Marapolan", se registraron los frutos sanos y enfermos (monilia y mazorca negra) desde el año 2013 hasta el 2018, con excepción del FHIA-359, que se evaluó hasta el 2017 y no se tiene datos de pérdidas por enfermedades en ningún año. En el lote "14 cultivares", se evaluó el rendimiento en 4 repeticiones y se registraron frutos sanos y enfermos desde el año 2017 hasta el 2022.

Los primeros 10 materiales que encabezan la (Figura 39) de derecha a izquierda muestran rendimientos por encima de los 1100 kg de cacao seco por hectárea lo que indica rendimientos excelentes en la producción de cacao, y los materiales restantes están por encima de los 500 kg lo cual son rendimientos bastante buenos, cabe resaltar que estos rendimientos se encuentran bajo sistema agroforestal lo cual crea impactos positivos en el medio ambiente además de ser las especies maderables fuentes de ingreso a largo plazo.

Los datos proporcionados muestran la incidencia de la enfermedad de la Mazorca Negra en diferentes materiales de cacao. Se observa que el FHIA-513 y FHIA-533 tienen una incidencia relativamente baja, con valores de 48.44 y 53.34 kg de cacao seco/ha, respectivamente. Los materiales FHIA-515, FHIA-741 y FHIA-310, FHIA-276, FHIA-65, FHIA-330 y FHIA-677 muestran una incidencia más alta, con valores de arriba de 60 kg cacao seco/ha y por bajo de 100 kg cacao seco/ha. El FHIA-483 tiene una incidencia aún más alta, con 124.38 kg cacao seco/ha (Figura 39).

Los materiales FHIA-612, FHIA-32, FHIA-478 y FHIA-168 presentan valores aún más altos, con incidencias de 125.79, 167.67, 266.47 y 343.49 kg de cacao seco/ha, respectivamente. Cabe destacar que el FHIA-359 no tiene un valor registrado para la incidencia de mazorca negra (Figura 39).

Al analizar la Figura 39 se observa que FHIA-513, FHIA-515 y FHIA-310 muestran una incidencia moderada de monilia, con valores de 188.36, 131.58 y 153.41 kg de cacao seco/ha, respectivamente. Por otro lado, los materiales FHIA-533, FHIA-741 y FHIA-276 presentan una incidencia relativamente baja de la enfermedad, con valores de 90.34, 80.49 y 110.94 kg de cacao seco/ha, respectivamente. El FHIA-677 muestra una incidencia muy alta de monilia, con un valor de 448.10 kg de cacao seco/ha, mientras que el FHIA-483, FHIA-32, FHIA-478 y FHIA-168 muestran una incidencia baja de monilia, con valores de 32.34, 35.57, 61.97 y

89.40 kg de cacao seco/ha, respectivamente. El FHIA-359 no se tomó datos para frutos enfermos de moniliasis.

Estos datos proporcionan una visión general de la variabilidad en la susceptibilidad de forma natural a la enfermedad de la Mazorca Negra y moniliasis. Se debe tener presente que en el campo la presión de inóculo, las condiciones microambientales, la cepa del hongo y el manejo fitosanitario pueden variar significativamente, lo que explica las inconsistencias entre la incidencia natural y las pruebas artificiales (Phillips 2005) citado por (Arciniegas 2005).

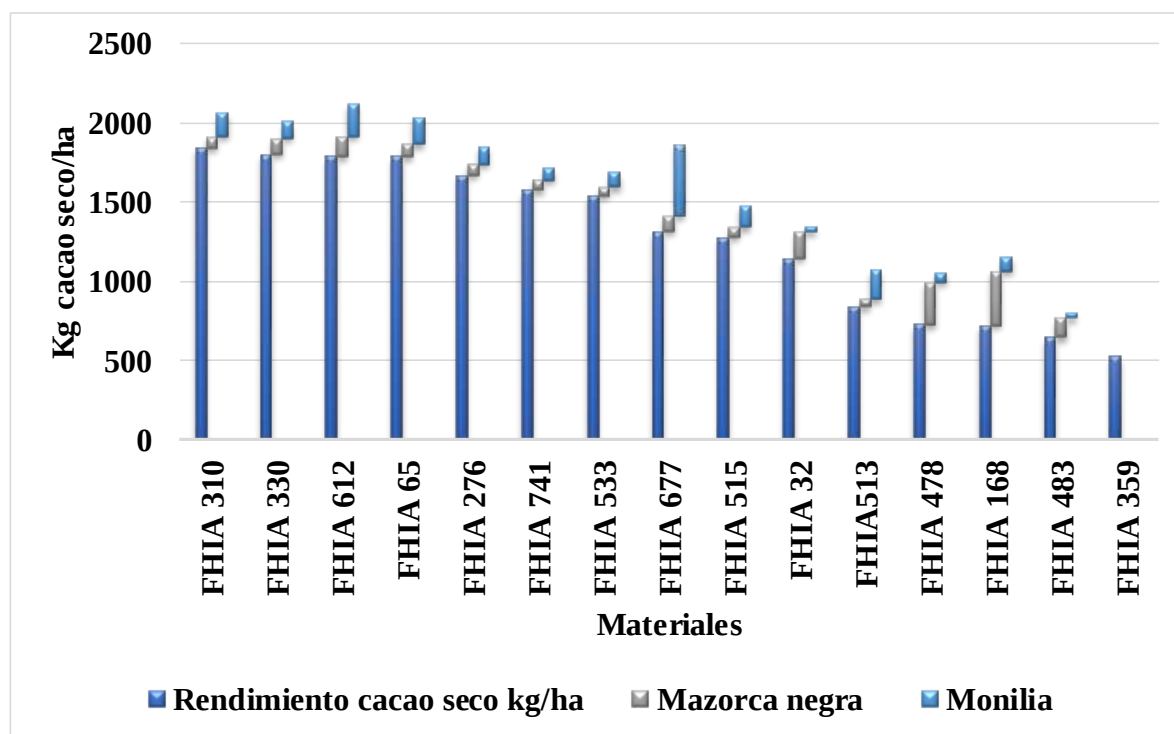


Figura 39. Rendimiento y perdidas por enfermedades (*Moniliophthora roreri* y *Phytophthora sp*) promedio de 6 años Kg cacao seco/ha

5.5.6. Resistencia genética a mazorca negra bajo inoculaciones artificiales

Para determinar la resistencia genética ante mazorca negra; enfermedad que presenta grandes pérdidas en el cultivo de cacao, se realizaron inoculaciones artificiales en dos métodos diferente: Método de campo como lo explica la metodología; Este método muestra la resistencia genética de las plantas de cacao en un entorno natural, similar a las condiciones de cultivo reales. y el otro método de Cosechados consiste en hacer una cosecha de frutos que cumplan con los requisitos para llevarlos a laboratorio y realizar las inoculaciones bajo temperatura ambiente. Se buscaba encontrar un método que no mostrara una diferencia estadísticamente significativa en comparación con el método de campo, lo que permitiría incrementar la cantidad de frutos a inocular en un solo día en comparación con el método de campo tradicionalmente utilizado.

Se tomó una media de la temperatura dentro del salón para los frutos cosechados y una temperatura media del exterior. Mostrándose solo un grado centígrado de diferencia, donde la temperatura interna fue de 27 °C y la exterior de 26°C. De los 15 materiales solo se evaluaron 11 esto por la escasez de frutos en la época de inoculación, cabe mencionar que deben ser frutos en cantidad y con requisitos necesarios para tener resultados precisos.

Se realizó un ANOVA con 5% de significancia para evaluar los métodos de inoculaciones, en el Cuadro 29 se muestra los resultados donde se puede ver alta significancia para los métodos, deduciendo que los métodos son diferentes, el coeficiente de variación explica una alta dispersión de datos en relación a la media.

Se realizó una comparación de media Tukey con 5% de significancia, el Cuadro 30 muestra los resultados donde el método de frutos cosechados mostro mayor diámetro promedio (8.93 cm) que el método en campo. (3.26 cm) mostrando diferencias estadísticas muy notoria. Por lo cual se concluye que el método de laboratorio muestra mayor susceptibilidad que en frutos adheridos a la planta. Existen algunos factores que desencadenan una mayor severidad en el

ataque del patógeno a frutos cosechados por un notable decaimiento en los procesos de defensa de la planta.

Cuadro 29. Análisis de la variancia para los dos métodos de inoculación en mazorca negra

F.V.	gl^{1/}	CM^{2/}	Signific.^{3/}	p-valor
Método	1	3254.69	**	<0.0001
Error	413	19		
R^{24/}	0.45			
CV^{5/}	67.24			

gl: grados de libertad

CM: Cuadrado medio

Significancia: ** altamente significativo; *=significativo; ns= no significante

CV coeficiente de variación

Cuadro 30. Comparación de medias Tukey para los métodos de inoculación artificial utilizados en los materiales.

Método	Medias	n	E.E.	Comparación
COSECHADOS	8.93	215	0.32	A
CAMPO	3.26	211	0.33	B

En la Figura 40 se muestra la comparación de los dos métodos en relación al diámetro promedio de la lesión causada por mazorca negra (*Phytophthora sp.*) donde se ve una diferencia bastante marcada para cada material, mostrándose el método de frutos cosechados una alternativa no confiable para concluir si hay resistencia genética, en las condiciones de La Masica, Atlántida. El único material que mostró resistencia genética en ambos métodos fue el FHIA-32, lo cual indica que es un material muy resistente al patógeno y para el caso del FHIA-478 solo fue evaluado en el método de fruto cosechados por el poco número de frutos aprovechables en la época de evaluación.

Una de las posibles explicaciones la puede dar la presencia de flavonoides, las fitoalexinas se producen en células sanas cerca de las células dañadas y se acumulan en tejidos susceptibles y resistentes. Su síntesis ocurre en un área específica alrededor del lugar de infección y su presencia ayuda a la resistencia, ya que al alcanzar una concentración suficiente, inhiben el crecimiento de los patógenos (Agrios, 1896) citado por (García-Mateos y Pérez-Leal 2003). La planta tiene mecanismos de defensa activados en respuesta a daños, la base fisiológica y bioquímica de la resistencia de plantas al ataque de patógenos, hongos y bacterias; se encuentra relacionada con la biosíntesis de metabolitos secundarios implicados en los procesos infecciosos. (García y Pérez, 2003) citado por (Garavito 2018). Por lo tanto, al cortar frutos se puede presentar desventaja frente a los frutos sin cortar,

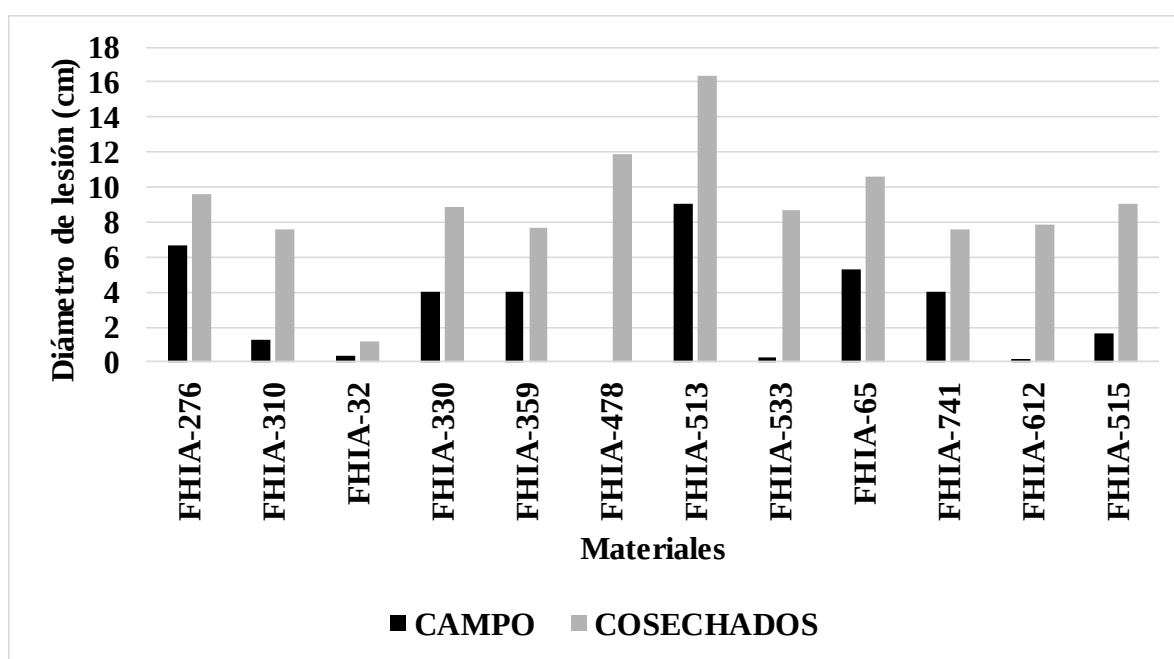


Figura 40. Comparación de dos métodos de inoculación artificial para mazorca negra en relación al diámetro promedio de la lesión en frutos de los materiales genéticos evaluados.

La incidencia es el número de frutos que muestran síntomas de la enfermedad (*Phytophthora sp.*) expresado en porcentaje. En la (Figura 41) está representado la incidencia en ambos métodos donde se puede apreciar que en la mayoría de materiales la incidencia se ve con

diferencias entre los métodos. El FHIA-276, FHIA-513, y FHIA-741 presentaron incidencia similar en ambos métodos.

Para ver si existe significancia se elaboró un ANOVA al 5% de significancia (Figura 31) donde se muestra alta significancia, por lo que se realizó una comparación de medias Tukey que separa los dos métodos y confirmando que existen diferencias significativas entre el método de frutos cosechados (93.19%) y el método de inoculación en campo (64.31%) (Figura 32).

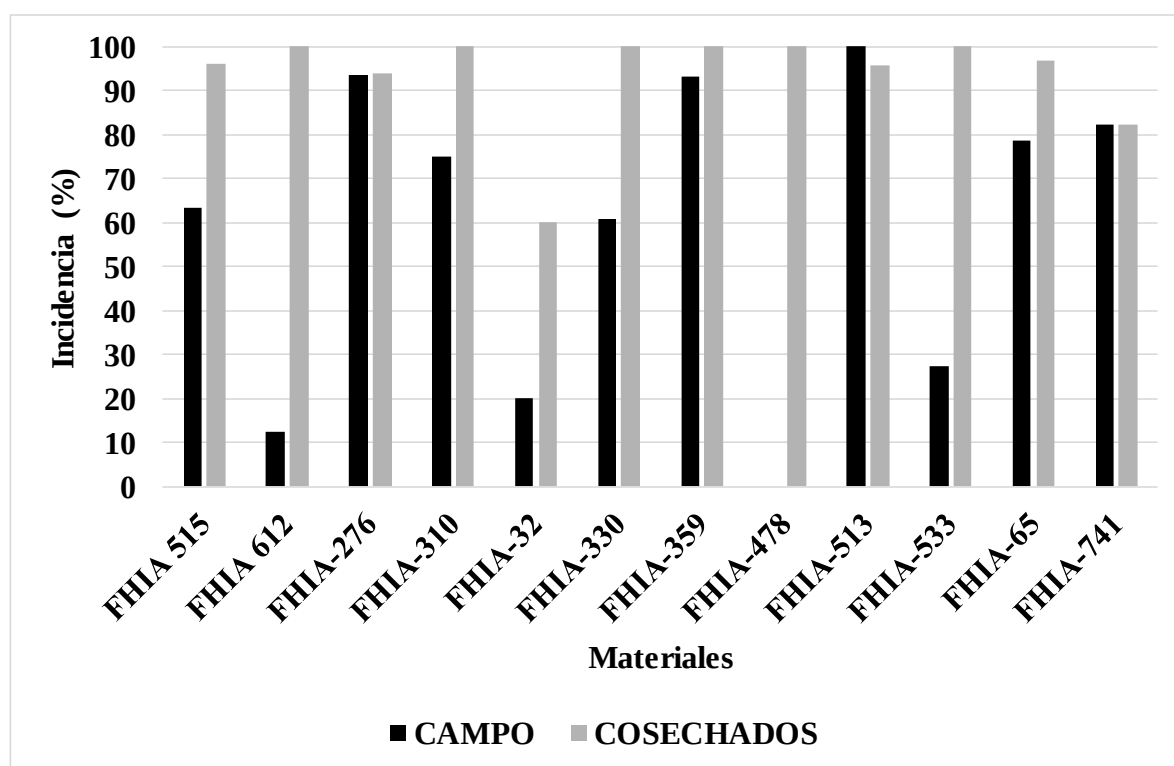


Figura 41. Incidencia de mazorca negra explicada por método en los diferentes materiales genéticos de cacao.

Cuadro 31. Análisis de la varianza en la incidencia de mazorca negra en los dos métodos de inoculación artificial.

F.V.	<i>gl</i>^{1/}	<i>CM</i>^{2/}	<i>Signific.</i>^{3/}	p-valor
Método	1	4587.88	**	0.0095
Error	20	557.17		
<i>R</i>^{24/}			0.29	
<i>CV</i>^{5/}			29.97	

Cuadro 32. Comparación de medias Tukey para incidencia en los dos métodos de inoculación artificial de mazorca negra.

Método	Medias	n	E.E.	
COSECHADOS	93.19	11	7.12	A
CAMPO	64.31	11	7.12	B

Teniendo en cuenta que el método de frutos cosechados difiere del método de inoculación en campo, los resultados a presentar son los del método usado tradicionalmente (inoculaciones en campo), en el (Cuadro 33) se muestra un resumen de los datos obtenidos en el tiempo de evaluación donde se puede observar que 5 de los 11 materiales que se inocularon son resistentes, 3 de ellos moderadamente resistente y solo dos fueron clasificados como susceptibles.

Cuadro 33. Resistencia genética para 11 materiales de cacao a mazorca negra

Material	Método	Frutos evaluados	Media diámetro con síntomas(cm)	Categoría
FHIA 612	CAMPO	24	0.2	R
FHIA 515	CAMPO	30	1.7	R
FHIA-32	CAMPO	15	0.4	R
FHIA-533	CAMPO	11	0.3	R
FHIA-310	CAMPO	4	1.3	R

FHIA-359	CAMPO	15	4.0	MR
FHIA-741	CAMPO	17	4.0	MR
FHIA-330	CAMPO	23	4.0	MR
FHIA-65	CAMPO	33	5.3	MS
FHIA-276	CAMPO	16	6.6	S
FHIA-513	CAMPO	20	9.1	S

Los 4 materiales faltantes de la evaluación no se realizaron por la falta de frutos, sin embargo, en el (Cuadro 34) se muestran resultados de inoculaciones realizadas en los mismos materiales genéticos en el CEDEC-JAS, aunque no pertenecen al mismo lote ni la misma época, se observa que el FHIA-483, FHIA-677, y FHIA-168 son resistentes a mazorca negra con incidencia intermedia y solo el FHIA-478 es susceptible con una incidencia del 98%.

Materiales como el FHIA-612, FHIA-310, FHIA-741, FHIA-276 y FHIA-32 evaluados en el tiempo de desarrollo de la investigación mantienen los mismos resultados presentados por (Rivera *et al.* 2017) y (Ramírez 2019) que hicieron evaluaciones en épocas diferentes siguiendo la misma metodología de esta forma se aporta confiabilidad a los datos evaluados, sin embargo el FHIA-65, FHIA-330 y el FHIA-515 difieren en cuanto a la calificación otorgada en cuanto a resistencia, siendo el último mencionado el más distante en cuando al índice de severidad e incidencia (Cuadro 34).

Cuadro 34. Materiales de cacao clasificados según su resistencia frente a *Phytophthora sp.* evaluados en diferente época por la FHIA.

Clon	frutos evaluados	incidencia (%)	Índice de severidad	clasificación
FHIA-677	40	28	0.6	R
FHIA-612	40	15	1.3	R
FHIA-310	40	65	1.8	R
FHIA-65	40	47	2.64	MR
FHIA-741	30	47	2.95	MR
FHIA-515	42	54	3.23	MS

FHIA-330	25	80	4.79	MS
FHIA-276	40	80	7.04	S
FHIA-32	82	7	0.19	R
FHIA-483	29	39	1.85	R
FHIA-478	40	98	9.79	S
FHIA-168	44	22.7	1.25	R

Adaptado de (Rivera *et al.* 2017) y (Ramírez 2019)

Según Rodríguez (1983), en el cacao, las descendencias resultaron de cruzar padres resistentes con padres susceptibles al inicio de la enfermedad presentando diferentes niveles de resistencia. Mientras que las descendencias de la cruce entre padres resistentes muestran una reacción inferior a la de sus progenitores, las descendencias de la cruce entre padres susceptibles demuestran siendo susceptibles. El estudio también revela que la reacción al desarrollo de las lesiones está influenciada por factores genéticos aditivos, con una baja heredabilidad y una fuerte influencia del ambiente externo y del sustrato. La resistencia al inicio de la enfermedad se considera un rasgo altamente heredable, influenciado por genes de acción aditiva y genes de acción modificada o complementaria. (Arciniegas Leal 2005) confirma que en una tendencia general de materiales genéticos de cacao que evalúo existe heredabilidad en la resistencia a la incidencia de *Phytophora palmivora*.

Las sustancias fenólicas presentes en la cáscara de los frutos jóvenes tienen una fuerte capacidad para inhibir la germinación y el crecimiento de las zoosporas de *P. palmivora*. Sin embargo, estas sustancias varían considerablemente entre los diferentes cultivares de cacao, dependiendo del genotipo, tejido y edad del fruto (Rocha 1966).

5.5.7. Resistencia genética a moniliasis bajo inoculaciones artificiales

La moniliasis en el cultivo de cacao es una de las enfermedades de importancia económica es frecuente observar pérdidas altas (Ramírez 2008). Por lo que es necesario buscar alternativas en el manejo de la enfermedad. Con el objetivo de encontrar materiales que proporcionen una solución a las pérdidas en productores se desarrolló la evaluación de materiales que presenten tolerancia a monilia se desarrollaron inoculaciones artificiales con inóculo producido en laboratorio.

Los materiales se clasifican según su severidad interna ya que de acuerdo a lo que menciona es la más importante porque define mejor el daño causado por el hongo a las almendras de un cultivar (Phillips Mora 1986).

En el Cuadro 35 se observan los resultados de las inoculaciones en los 15 materiales promisorios que desarrolla la FHIA en el CEDEC-JAS, 8 de los 15 materiales muestran resistencia con incidencias bajas e intermedias, aportando confiabilidad en las evaluaciones hecha en el centro experimental en otras épocas, materiales con resistencia genética son una de las soluciones más factibles en el control de esta enfermedad. Además, cinco materiales fueron clasificados según la severidad interna valorada como moderadamente resistentes lo cual es una característica que acompañada de buenas prácticas agrícolas ayuda a reducir las pérdidas. Solo el FHIA-359 fue caracterizado como moderadamente susceptible y el FHIA-677 como susceptible.

Cuadro 35. Caracterización de 15 materiales promisorios de la FHIA en cuanto a resistencia genética a moniliasis

Material	# Frutos	Severidad externa	Severidad interna	%incidencia	Calificación
FHIA-276	29	0.36	0.54	17	R
FHIA-330	36	0.25	0.5	11	R
FHIA-533	29	0.38	0.48	14	R
FHIA-612	26	0.27	0.65	27	R

FHIA-741	24	0.67	0.83	42	R
FHIA-32	60	0.15	0.22	10	R
FHIA-483	24	0.08	0.25	8	R
FHIA-513	34	1.24	1.24	56	R
FHIA 65	13	1.23	2.31	46	MR
FHIA-310	10	1.9	1.5	20	MR
FHIA-515	32	1.16	1.38	47	MR
FHIA-168	52	1.75	2.5	79	MR
FHIA-478	11	0.73	1.45	45	MR
FHIA-359	35	2.63	3.46	89	MS
FHIA-677	6	4.83	4.83	100	S

Los materiales FHIA-276, FHIA-330, FHIA-533, FHIA-612, FHIA-741, FHIA-32, FHIA-483, y FHIA-513 muestran resistencia al igual que los resultados de (Ramírez 2019) en el (Cuadro 36), al igual que los materiales FHIA-65 y FHIA-310 que se clasifican como moderadamente resistentes. Los materiales que desemejan son el FHIA-515, FHIA-677, FHIA-478 y el FHIA-359 siendo este último el que muestra una brecha más amplia ya que en los datos de esta investigación se muestra como moderadamente susceptible y en la tabla tal se clasifica como resistente.

Cuadro 36. Clones de cacao resistentes a monilia evaluados en el CEDEC-JAS.

Material	Frutos	%incidencia	Severidad externa	Severidad interna	Clasificación
FHIA-330	87	34.00	0.55	0.57	R
FHIA-276	24	13.00	0.41	0.12	R
FHIA-612	46	20.00	0.89	0.19	R
FHIA-741	26	52.00	0.61	0.19	R
FHIA-533	40	24.00	0.70	0.45	R
FHIA-330	29	41.00	0.80	0.58	R
FHIA-310	25	64.00	1.67	1.72	MR
FHIA-65	34	85.00	1.54	1.75	MR
FHIA-515	26	92.00	1.65	2.70	MS

FHIA-677	43	93.00	1.93	2.91	MS
FHIA-513	48	23.00	0.54	0.25	R
FHIA-32	43	23.00	0.44	0.27	R
FHIA-359	41	32.00	0.14	0.39	R
FHIA-483	18	17.00	1.27	0.39	R
FHIA-478	41	49.00	0.68	0.85	R

Fuente: adaptado de (Ramírez 2019)

Brenes (1983) menciona que existen diferencias de la reacción de un mismo cultivar entre épocas de inoculación. Leandro (2011) concluyó que la edad de los frutos y el microclima pueden influir diferencias de las sintomatologías de la enfermedad a través del tiempo.

El color, la rugosidad y la dureza del mesocarpo con los parámetros de resistencia mostraron correlación significativa con la severidad o el ataque de la enfermedad de moniliasis. Sin embargo, la rugosidad de la mazorca muestra una ligera influencia negativa sobre la incidencia y positiva sobre la severidad interna. A mayor rugosidad menor incidencia o sea más resistencia (Brenes 1983). Flores (1989) contradice y dice que las características anatómicas externas no parecen explicar diferencias en susceptibilidad al patógeno entre los cultivares, alternativamente otro factor de resistencia podría jugar un papel en los frutos maduros. (Brenes 1983) y (Phillips 1986) Menciona que la resistencia se ve más influenciada por diferencias bioquímicas que por características morfológicas.

Para controlar la enfermedad manejando adecuadamente la plantación y haciendo colectas de frutos enfermos y la combinación y aplicación de fungicidas en el tratamiento más consciente en la reducción de la incidencia de la moniliasis (Enríquez *et al.* 1981, Porras *et al.* 1984).

Arciniegas (2005) evaluó árboles superiores de cacao de materiales genéticos, algunos de los que muestra en su documento, son progenitores de los materiales de esta evaluación por lo que se realizó una comparación de progenitores y su descendencia.

Materiales que tienen como progenitor a ARF-37 se encontró al FHIA-483 y FHIA-612 donde resalta en características morfo-fisiológicas como ser: cantidad de almendras promedio por fruto el FHIA-483 (41.40) y FHIA-612 (38). Además, el FHIA-612 posee un alto peso promedio por almendra buena con 4.19 g y el menor peso promedio por almendra vana. También el FHIA 612 es el segundo material más pesado con 702.98 g.

Los genotipos que tienen como progenitores al clon ARF-37 muestran características morfo-fisiológicas relevantes. Además, se ha observado que algunos de los frutos con los pesos más altos tienen a este clon como uno de sus progenitores. Asimismo, en varios casos, los genotipos que tienen los frutos más largos suelen tener como progenitores al clon ARF-37 (Arciniegas 2005).

El FHIA-612 es descendiente de CC-137 y uno de los materiales más productivos con 1782.12 kg/ha/año y también presenta menos cantidad de almendras vanas (0.50). Arciniegas (2005) menciona que el genotipo CC-137 muestra muy buenas características heredables a su descendencia, con características morfo-fisiológicas relevantes. Se observa que los valores más altos para la producción de frutos por árbol al año. Además, la mayoría de genotipos descendientes de CC-137 tienden a presentar un índice de semilla superior a 1,8 g. Muestran un número de semillas inferior a otros materiales, pero con un tamaño más grande. El peso es una de las características de los descendientes de este material.

El UF-712 es progenitor de algunos de los materiales evaluados, dentro de estos está el FHIA-478 que es el material que presenta mayor peso (734.52 g y largo 820.78 cm), mayor diámetro (9.44 cm), más grados brix (18), alta cantidad de almendras buenas (42.8) y tiene una baja cantidad de almendras vanas (1.10). El FHIA-276 se posiciona como uno con el

diámetro más grande (8.85 cm). El FHIA-276 es susceptible a mazorca negra, sin embargo, para moniliasis el FHIA-276 fue resistente y el FHIA-478 fue moderadamente resistente. Por último, se puede mencionar que el FHIA-478 es uno de los materiales que presenta menor rendimiento (724.64 kg/ha/año) de los clones evaluados.

Arciniegas (2005) menciona que, en términos de incidencia de enfermedades, se observa que los genotipos con menor incidencia de monilia tienen como progenitores al UF-712. Sin embargo, los cruzamientos que involucran al UF-712 presentan una menor producción por árbol en comparación con otros genotipos. Algunos de los genotipos con los pesos más altos comparten los clones UF-712, como progenitore. Asimismo, los genotipos con los frutos más largos suelen tener como progenitores al clon UF-712 y muestran características morfo-fisiológicas más relevantes.

Materiales descendientes de ICS-43 como el FHIA-533 y FHIA-741 son muy rendidores, por encima de los 1500 kg/ha/año. Arciniegas (2005), encontró que, la producción anual estimada fue de 342.7 kg/ha/año. El índice de semilla fue de 1.2 y el índice de fruto fue de 24. Los genotipos que registran las más altas producciones por árbol (kg/árbol/año) corresponden a cruces con padres como ICS-95, ICS-43, CC-137.

El PA-169 está como progenitor en el FHIA-169 y FHIA 32 que tienen la mayor cantidad de almendras vanas 5.48 y 4.34 respectivamente. En cuanto a enfermedades el FHIA-276, FHIA-32 son materiales con descendencia de PA-169 que muestran resistencia a moniliasis, el FHIA-168 no fue evaluado en este aspecto. Y en cuanto a mazorca negra, el FHIA-32 fue resistente y el FHIA-276 susceptible.

Arciniegas (2005) menciona que es un clon resistente a moniliasis y muestra reacción moderadamente resistente a mazorca negra. El clon PA-169 presenta un peso promedio del fruto de 443,8 g, una longitud de 18,3 cm y un diámetro de 9,1 cm, con una profundidad de

surco de 1,1 cm y una relación largo-ancho de 2 cm. En cuanto a las semillas, registró índices de grana de 1.2 y de mazorca de 26 frutos. No se presentan semillas vanas en este clon. Los cruces que tienen como progenitor a PA-169 tienden a encontrarse una o más semillas vanas en el fruto, muestran los valores más bajos de frutos por árbol al año en comparación a clones sobresalientes. Además, se observa que los genotipos que heredan la cualidad de menor incidencia de frutos enfermos por moniliasis.

En un estudio se identificó la transferencia de buenas características (alto rendimiento y baja incidencia a monilia) a su progenie, donde resaltó el PA-169, siendo un recurso fitogenético promisorio (González y Vega 1992, Solís et al. 2015).

Para descendientes del material UF-273 en la presente investigación se encontraron materiales que se pueden ver influenciados por su heredabilidad como ser en el peso, los materiales FHIA-330 (333.55 g), FHIA-65 (412.46 g) y FHIA-515 (416.56 g). los diámetros FHIA-330 (7.59 cm), FHIA-515 (7.69 cm), FHIA-65 (8 cm), y FHIA-359 (8.18 cm). Los materiales FHIA-330 (14.73 cm) FHIA-65 (15.86 cm) presentan menor longitud. También la cantidad de frutos por planta al año es el FHIA-359 presenta menor número (12 frutos), sin embargo, el FHIA-330 es un descendiente de UF-273 y es el que más frutos produce (37.99 frutos). En rendimiento expresado en kg/ha/año el FHIA-359 y FHIA-513 son los que menos valor presentan de los materiales evaluados.

En cuanto a enfermedades, de 6 cruces que tienen como padre o madre a UF-273, 2 de ellos resultaron resistentes a monilia, 3 moderadamente resistentes y uno moderadamente susceptible. Para mazorca negra de 6 cruces solo uno resultó susceptible los demás estuvieron entre moderadamente y resistentes. Entre otras características morfológicas, se encontraron un peso promedio de almendra fresca bajos para el FHIA-515 (2.33 g) FHIA-330 (2.53 g), FHIA-65 (3.06 g) como algunos ejemplos. También el FHIA 330 es el que presenta menor cantidad promedio de semilla por fruto.

Según Phillips (1986), el UF-273 es resistente a la monilia. En la selección de clones promisorios, se encontró que el 41% de ellos tenían como progenitores a los genotipos POUND-7 y UF-273, Arciniegas (2005) encuentra que Los materiales con UF-273 como progenitor tienden a tener frutos con peso bajos, cortos, con diámetros inferiores a 8.5 y un mayor número de semillas pequeñas y vanas con bajo promedio de semillas por fruto. También se ha observado que presentan menor producción por árbol y mayor susceptibilidad a la enfermedad de *Phytophthora palmivora*. Sin embargo, el material UF-273 tiene heredabilidad en la resistencia a monilia ya que genotipos con UF-273 como progenitor permite obtener híbridos con resistencia a *M. roreri* y bajos índices de incidencia. (Solís *et al.* 2015, Pérez 2009) también en su investigación confirma que los híbridos de estos progenitores alcanzan, en presencia severa de monilia.

Arciniegas (2005) identificó una tendencia general que indica que la resistencia a la incidencia de *Phytophthora palmivora* también es un carácter heredable. Se ha observado que los materiales que tienen al UF-273, SGU-84 y CCN-51 como progenitores son más susceptibles a esta enfermedad en comparación con los materiales cuyos padres incluyen al Pound-7, ARF-22 y SCA-6, los cuales muestran resistencia a la enfermedad.

5.6. Post cosecha

Las evaluaciones sensoriales fueron realizadas por panel de cata de la FHIA y que también pertenecen al panel nacional. Se evaluaron sabores básicos como: dulce, salado, amargo y ácido, sabores específicos: cacao, afrutado, floral, nueces, panela/malta y astringencia, sabores defectuosos (otros sabores): ahumado, mohoso y crudo/habas verdes. Las evaluaciones corresponden a muestras de grano de cacao llevadas a micro-fermentación y micro-secado hasta llegar a un 6.5% de humedad, las evaluaciones corresponden a 14 materiales de los 15 bajo investigación el FHIA-478 no existen datos por la falta de frutos en la época de evaluación.

Cabe mencionar que los resultados de los análisis sensoriales corresponden a muestras manejadas bajo micro-fermentación y micro-secado, que según experiencias en el CEDEC-JAS los granos bajo estos métodos difieren en la calidad en comparación a fermentaciones de grandes cantidades, sin embargo, presentan muy buenas cualidades organolépticas pero que pueden ser mejores-

Se realizó un análisis de componentes principales para los 15 materiales, donde el CP1 explica un 52.9% y el CP2 un 17.9% explicando entre los dos un 70.8% de la variación total. Las variables que Afrutado, panela y malta floral y nueces mantienen una correlación inversa en cuanto a los atributos no deseados como ser amargor, astringencia y crudos/habas verdes similar a lo mencionado por (Moreno-Martínez *et al.* 2019), también son las variables más aportantes a la construcción del CP1. Por otro lado, el atributo de otros sabores muestra una correlación inversa en cuanto a los atributos de cacao y acidez siendo estas variables las mayores aportantes para el CP2 (Figura 42).

En el análisis de componentes principales se ven materiales que son caracterizados por atributos deseados o de importancia en la caracterización de cacao de calidad, ejemplo de ello el FHIA-330, FHIA-515 FHIA-513 y FHIA-168 son materiales que presentan atributos deseables lo que hace que presenten un buen perfil sensorial además se observó alto porcentaje de almendra blanca, que según Dubón y Sánchez (2016) es característico de cacaos con genética criolla. También materiales que los caracteriza el sabor a cacao como el caso del FHIA-533 y FHIA-310. Y por otro lado también se hace notar materiales como el FHIA-359 y FHIA-65 que no son representados por un atributo en especial.

Se puede observar que materiales como el FHIA-276, FHIA-677, FHIA-483, FHIA-612 y FHIA-741 se ven caracterizados por atributos no deseados, sin embargo, presentan cualidades importantes sin embargo presentan sabores específicos que pueden atribuir cierta

aceptabilidad por los mercados, además que son materiales que resaltan en producción y son tolerantes a enfermedades.

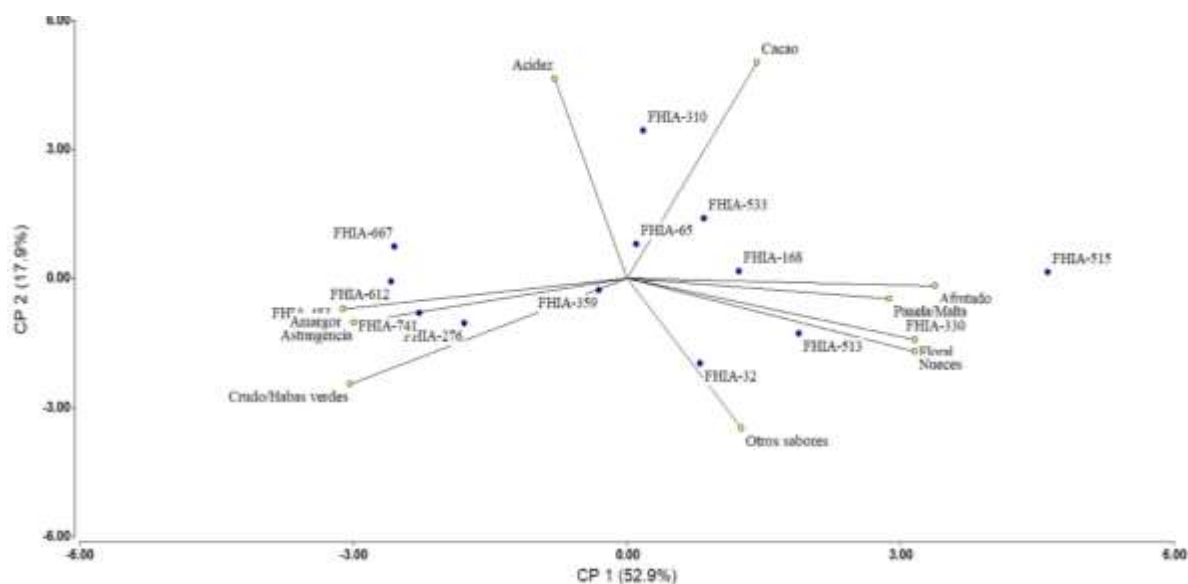


Figura 42. Análisis de componentes principales para la evaluación sensorial

Para una comprensión del perfil sensorial de cada material el panel discutió comentarios para cada material mostrando una mayor información de sabores específicos que hacen resaltar a cada material genético a continuación se muestra el comentario global del panel evaluador.

FHIA-330: Esta muestra se distingue por un aroma muy agradable a cacao y caramelo. Presenta una acidez cítrica de frutas tropicales, que es muy buena en términos de intensidad. El amargor y la astringencia, equilibrados y bien proporcionados, aportan una sensación de toronja. En cuanto al sabor, se percibe una combinación de frutas frescas y secas, con un sabor a pasas claras y nueces tostadas en su punto. El contraste entre lo dulce y lo amargo se combina muy bien en el paladar, generando una sensación de deseo en el post gusto. Además, se aprecia un agradable aroma a flores de campo frescas, la acidez cítrica se destaca con notas de mandarina. Sin embargo, al final, los atributos tienden a desvanecerse rápidamente, y la astringencia se mantiene muy poco en el final.

En términos de textura, se describe como chiclosa producto de alto contenido de grasa, y se nota un poco de acidez láctica. La astringencia se asemeja a la cáscara de un banano verde, y se percibe una cierta fragancia de flores silvestres. El sabor a chocolate es moderado, y otros sabores, como el mazapán maduro y la tortilla tostada, también están presentes. En general, se considera una buena muestra, aunque el panel rescata que existen posibilidades de mejorarla.

FHIA-515: Muestra con acidez cítrica de las frutas tropicales se complementa perfectamente con las pasas agri dulces y las nueces tostadas en su punto. Además, se percibe un delicado aroma a flores de campo que realza la experiencia sensorial. El sabor a frutas maduras, sabor agradable a chocolate, característico de un cacao fino acriollado. Al final, se percibe un ligero picante pero muy suave. La combinación de acidez, amargor y astringencia es equilibrada y agradable. Cabe mencionar que esta muestra tiene un alto contenido de grasa, pero su acidez leve y contrarresta el poco amargor. Presenta sabor a banano deshidratado o a un mazapán maduro, ofreciendo una experiencia gustativa excepcional. Sin duda, es una muestra de alta calidad y, según el panel, la mejor de todas.

FHIA-513: Esta muestra presenta un aroma y sabor de intensidad media a cacao. En cuanto a la acidez, se perciben notas tanto acéticas como lácticas. El sabor se distingue por su presencia de nueces muy tostadas, mientras que en el post-gusto perdura una sensación agria y/o amargo. En cuanto a los atributos adicionales, se destaca una acidez de carácter frutal y un agradable aroma a flores de campo. El amargor y la astringencia son bajos, y se perciben matices sutiles de nuez, panela y habas. En general, esta muestra se considera bien balanceada, con una agradable combinación de atributos. Se destaca una acidez cítrica dulce muy agradable, mientras que el amargor y la astringencia son mínimos. El sabor evoca a frutas ácidas como la carambola. En conclusión, esta muestra se cataloga como buena

FHIA-359: por su aroma y sabor distintivos de cacao, que se perciben de manera pronunciada. Presenta una acidez cítrica. Además, se destaca una marcada y perdurable acidez láctica. La muestra deja un sabor a mentolado y a cardamomo, que aporta una nota refrescante. También se aprecia un sabor a tierra y rincón. esta muestra se determina explosiva en una buena combinación de acidez, amargor y astringencia. Sabor a frutal similar al maracuyá, así como una nota a flores de campo. El sabor a nueces y de malta también están presentes, un poco sabor a habas verdes. La acidez residual es persistente, dejando una sensación duradera. En general muestra un contenido de grasa bajo. Aunque el sabor a chocolate es leve. Se presenta un picor similar al de la acética y la muestra carece de aroma, siendo considerada plana en ese aspecto.

FHIA-310: Se distingue un marcado sabor a madera y hierbas verdes, acompañado de una astringencia perdurable que evoca al nance verde. También se aprecia un ligero sabor a nueces sobretostadas y un amargor similar al de la quina. El picor se asemeja al de las hojas de canela, mientras que un sutil sabor a hierro se hace presente. El perfil de sabor se complementa con un pronunciado sabor a frutas sobremaduras y un ligero toque de resina. Además, se percibe sabor a mieles de flores amargas. Esta muestra destaca por sus sabores básicos y ofrece una agradable acidez cítrica, con poco amargor y astringencia. El sabor se asemeja al de frutas secas, como ciruela o pasa, y se disfruta una agradable acidez. A su vez, se destacan notas frutales, aromas florales y de hojas de campo. Un leve sabor mentolado se mezcla con un aroma a galleta, y el amargor sutil recuerda al tabaco de cigarrillo.

FHIA-32: El aroma es agradable, con notas de cacao. Se destaca una marcada acidez acética, junto con una ligera acidez cítrica. El sabor evoca a nueces, mientras que las notas florales recuerdan a las flores de campo. Además, se aprecia un delicioso sabor a frutas tropicales muy maduras, como el banano. La astringencia se presenta, relacionado a toronja y nance verde. El amargor es suave y equilibrado. Las nueces frescas. Al final, se detecta un leve sabor a medicina. Esta muestra también presenta un sabor acaramelado, donde los atributos se manifiestan al principio para luego desvanecerse. El sabor a banano semi maduro se hace

presente, junto con una acidez láctica. Se experimenta un notable picor en el paladar y la lengua. En general, esta muestra ofrece un buen equilibrio en sus atributos.

FHIA-168: muestra posee un agradable aroma a cacao y caramelo, Se distingue una acidez cítrica, con una leve presencia de ácido acético y láctico, brindando un equilibrio en su perfil ácido. Se percibe sabores no deseados a hierro o medicamento. El sabor se caracteriza por su carácter amaderado y la presencia de especias. El amargor evoca al nance, mientras que la astringencia perdura en el paladar. En el final, se disfruta un distintivo sabor a cacao, también se aprecia una acidez similar a la Jamaica. El sabor a nuez destaca en esta muestra, y el amargor de malta. En cuanto a la textura, es cremosa. La acidez cítrica se presenta de forma suave. Aunque el aroma es discreto, el sabor frutal se hace presente.

FHIA-65: Se percibe un suave aroma a caramelo o melaza, acompañado de una acidez cítrica que combina notas acéticas y lácticas. Además, se distingue un sabor a menta, seguido de un ligero sabor a medicamento puede ser producto de un sobre-fermento, aunque desaparece rápidamente. Se experimenta sabor a fruta madura, con sabores de pasas y frutas rojas deshidratadas. El aroma se complementa con notas de flores de campo y aroma de madera de caoba. A pesar de ello, esta muestra se considera plana en términos de otros sabores específicos como ser; sabor similar a granos de elote cocido, y un amargor característico de la pacaya. En resumen, los algunos atributos pasan rápidamente y la muestra en general el panel la considera plana.

FHIA-533: se percibe un sabor a medicamento, seguido de matices. El aroma evoca al pasto recién cortado, brindando una experiencia olfativa fresca y agradable. La acidez se presenta de manera fugaz, mientras que el amargor y la astringencia se expresan de forma notable. El sabor nos transporta a frutas como el nance verde, con notas de nuez y un matiz verde que recuerda a hoja tierna. La acidez cítrica se percibe de manera placentera, mientras que el amargor y la astringencia se presentan en un equilibrio moderado. Destaca el sabor ácido

similar al de la carambola. En resumen, esta muestra se considera una opción regular, con una textura cremosa por presencia de grasa.

FHIA-276: Esta muestra exhibe un agradable sabor y aroma a cacao, que se complementa con una acidez cítrica muy pronunciada. La astringencia presente recuerda al sabor de la toronja, mientras que se percibe un sabor distintivo a frutas deshidratadas y pasas oscuras. También se distingue un matiz medicinal y notas de especias. Ligeramente se aprecia un sabor terroso y quemado similar al de la tortilla sobre tostada. Además, se desprende un suave aroma a pasto recién cortado. Se destaca la astringencia y el amargor como los elementos dominantes en el perfil. El aroma evoca las flores del campo y las hojas verdes, mientras que el sabor de la nuez es más natural, sin tostar. Se percibe un sabor crudo muy marcado y un ligero picor del ácido acético, sabor a menta.

En general, esta muestra se considera plana y no destaca en particular ningún atributo, presentando un amargor similar al de las hierbas secas y la madera de color. La astringencia recuerda a la cáscara de mango verde. El sabor a fruto deshidratado, como el banano, también está presente. En resumen, se podría catalogar esta muestra como regular.

FHIA-741: sabor y aroma pronunciados a cacao, que evocan la intensidad y el carácter distintivo del chocolate. Se percibe un ligero sabor a quemado, similar al de una tortilla tostada, que se desvanece rápidamente, dejando una sensación de picor, sabores a especias y albahaca. La acidez cítrica está presente, acompañada de notas de acidez acética y una leve presencia láctica. El sabor nos transporta a una tableta de leche muy quemada, una astringencia fuerte al principio y un amargor suave que no resulta abrumador. También se percibe un matiz de habas verdes y un toque sutil de panela. En general, esta muestra presenta un equilibrio entre el amargor y la astringencia. Se aprecia un sabor a madera, similar al cedro, y un amargor parecido a pacaya.

FHIA-483: Esta muestra se caracteriza por una acidez acética bien pronunciada, que domina sobre los demás atributos y enmascara su expresión. La astringencia se presenta de manera continua. Además, deja una sensación mentolada y resinosa en boca. A pesar de estos desafíos, se destaca un aroma muy agradable y explosivo. El amargor y la astringencia son intensos, mientras que la acidez se percibe de manera muy suave. Se distinguen notas de frutas pasas y una presencia marcada de nueces, así como un fuerte matiz de habas verdes. Sin embargo, se menciona la falta de fermento en la muestra. En el aspecto olfativo, se detecta un aroma a cuero al final. El amargor se destaca con fuerza, y se experimenta una sensación picante en la lengua. Se percibe poco sabor a frutas, y el aroma a alcanfor también se hace presente.

FHIA-677: Se destaca un marcado sabor a quemado, similar al de una tortilla tostada o maíz blanco muy tostado. También se aprecia un sabor terroso y el distintivo sabor a sobre-fermento. Además, se percibe un sabor frutal a toronja, junto con notas de carao, hojas secas, maíz dorado, madera y fruta pasa. Es importante mencionar que esta muestra tiene un alto contenido de grasa y se experimenta una acidez al final con cierto picor. Se distingue un sabor ácido láctico, pero se presenta poco amargor y astringencia. Además, se pueden identificar otros sabores, como el rancio asociado al ácido láctico y/o butírico. En general, esta muestra no destaca en particular ningún atributo, pero ofrece una combinación de sabores intensos y complejos.

FHIA-612: Se percibe un sabor terroso y la presencia de un sobre-fermento en los granos que reduce su aromaticidad. Además, se destaca la presencia de ácido láctico. A su vez, esta muestra se describe como muy plana, sin diferenciación clara entre acidez, amargor y astringencia, que tienen una intensidad similar. La acidez se asemeja a la de una fruta tierna de forma simple. En cuanto a la textura, la muestra se percibe como cremosa. El aroma agradable a flor se hace presente, pero se ve enmascarado por el fuerte predominio del ácido láctico. El sabor recuerda al tabaco de cigarro. El amargor se asemeja al de hojas verdes, y se experimenta una sensación de picor al final.

Se puede observar que la forma en la gráficas mostradas para el FHIA-359 Y FHIA-513 se asemejan a las presentadas por Dubón y Sanches (2018) esto representa igualdad en los resultados en cuanto a la intensidad de atributos. También menciona que el FHIA-32, FHIA-513 y FHIA-359 destacan atributos suaves de sabor básico a cacao, una acidez y amargor poco pronunciado, notas interesantes de sabores frutales, aromas florales y un marcado sabor a nueces, similar a la puntuación global brindada por el panel.

Según Loureiro *et al.* (2017) las características químicas que mejor reflejan la influencia del medio ambiente en la calidad del cacao son el pH y la acidez total de los granos de cacao, así como el pH, la acidez total y el índice de pigmentos del endospermo de los granos fermentados. También notó que los diferentes tipos de suelos en los que se cultiva el cacao tienen un impacto en la acidez de los granos de cacao.

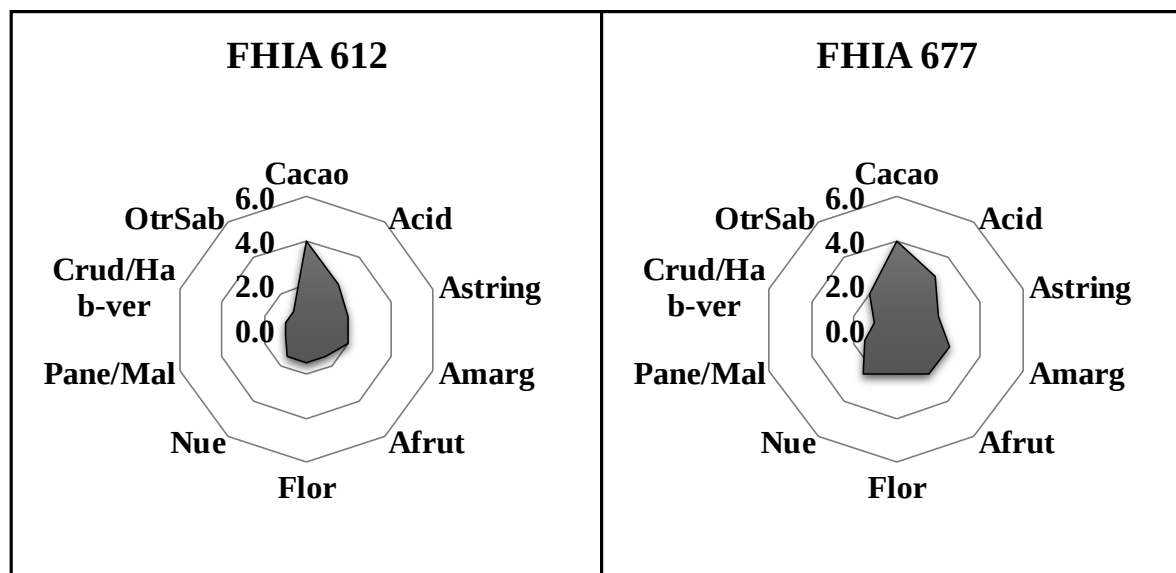


Figura 43. Perfil sensorial de 2 materiales genéticos

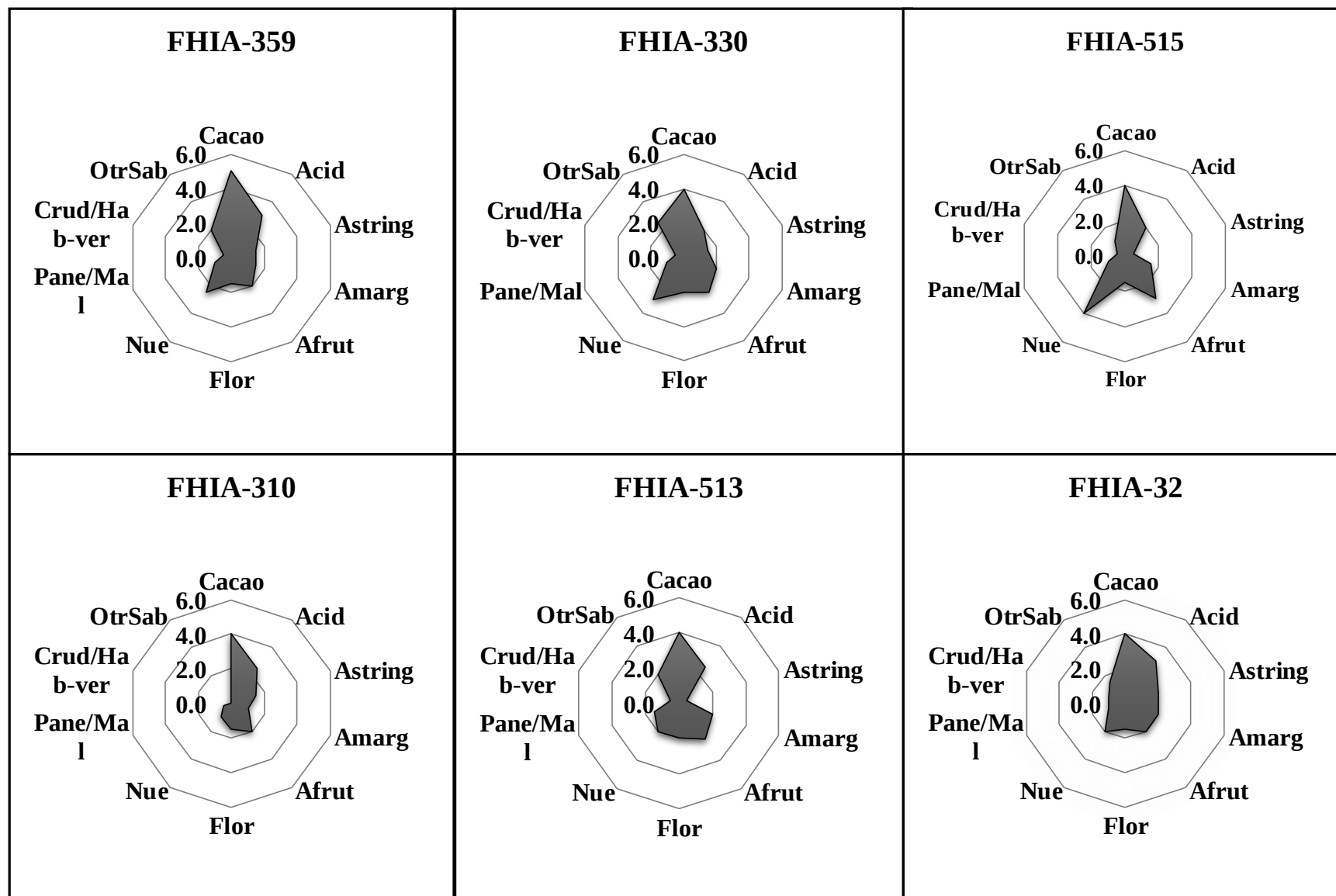


Figura 44. Perfil sensorial de 6 materiales genéticos de cacao evaluados.

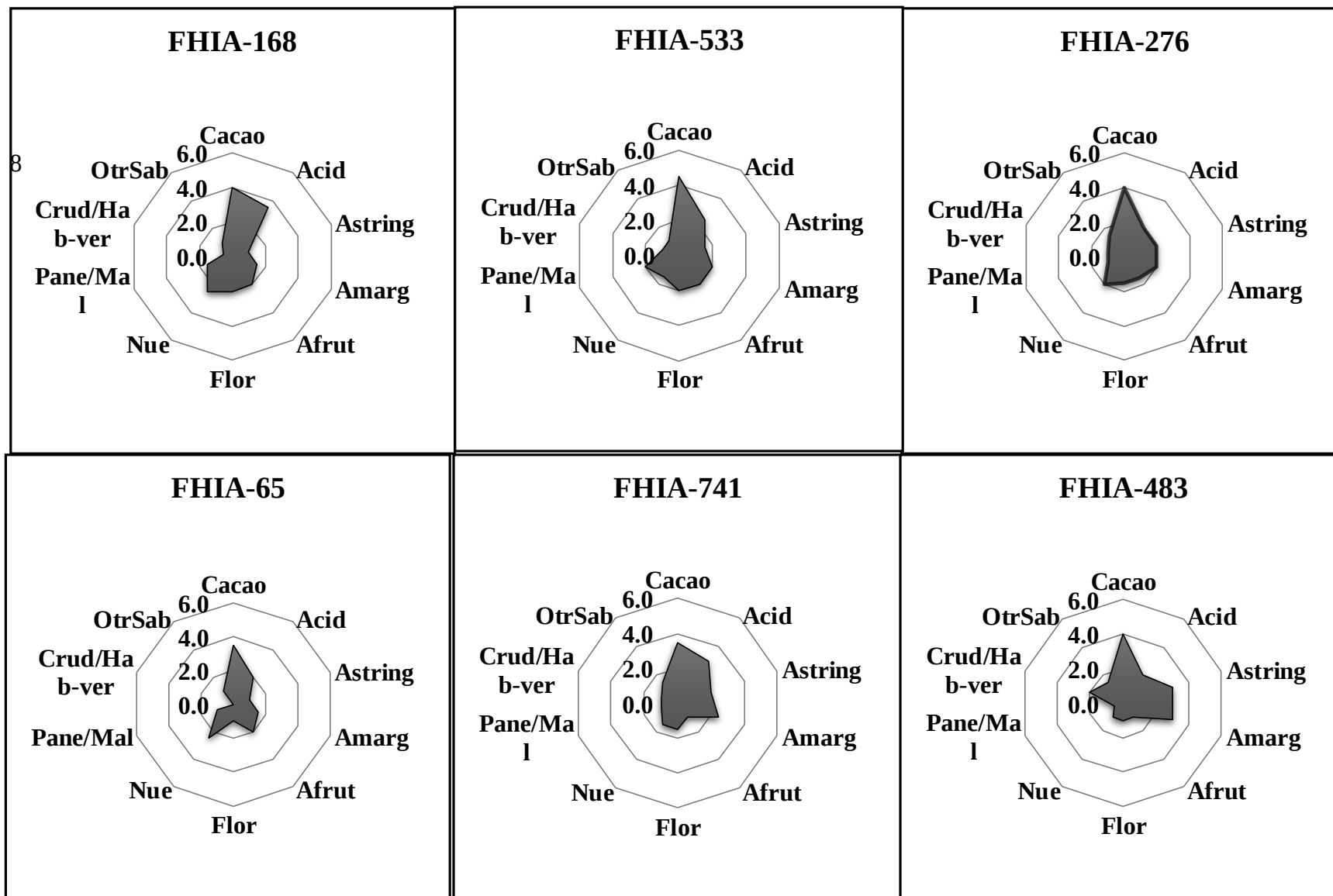


Figura 45. Perfil sensorial para 6 materiales genéticos de cacao pertenecientes a la FHIA.

VI. CONCLUSIONES

Las variables cualitativas y cuantitativas evaluadas en hoja son poco discriminantes, ya que el 100% presentó textura cartácea y en la forma predominó el tipo ovoide en 14 de los 15 materiales, y el ápice de la hoja mostró una mayor distribución en las categorías evaluadas, aunque se encontró una mayor presencia de tipo caudado en 12 materiales. En cuanto a las variables cuantitativas se encontró muy baja variabilidad siendo 29.2 % el CV mayor para la relación entre el largo entre el largo de la base al ancho máximo.

El material FHIA-612 muestra la menor longitud de hoja con 27,8 cm, el ancho máximo más pequeño con 11,5 cm y el menor largo de la base al ancho máximo con 15,2 cm. Por otro lado, el material FHIA-32 tiene la mayor longitud y ancho máximo con 43,2 cm y 16,3 cm respectivamente, así como el mayor valor de LBA con 22,6 cm. Además, el material FHIA-359 tiene la longitud de peciolo más alta, con 3,1 cm, mientras que el FHIA-533 muestra el valor más bajo, con 1,7 cm.

Para los materiales evaluados la antocianina en los estaminodios estuvo presente en todos, por lo cual no es un carácter distintivo. A diferencia de la antocianina en el sépalo que muestra diferencias, aunque, las pocas categorías hacen que sean parámetros poco diferenciadores.

Los materiales FHIA-677 y FHIA-741 tienen las mayores longitudes totales en la flor, mientras que FHIA-32 tiene la longitud total más baja. En cuanto a la longitud del pedicelo, FHIA-677 muestra la longitud más alta y FHIA-32 la más baja. FHIA-310 tiene la mayor longitud de flor, mientras que FHIA-483 tiene la más baja. El diámetro de la flor es mayor en FHIA-533 y menor en FHIA-310. FHIA-515 tiene el diámetro del pedúnculo más bajo,

mientras que FHIA-533 tiene el valor más alto. Por último, FHIA-478 presenta el mayor número de óvulos y FHIA-359 el número más bajo. Estos datos muestran la preferencia en estas características entre los diferentes materiales.

De las 19 cruzas realizadas de polinización manual, 12 resultaron en intercompatibilidad (IC), lo que indica que los materiales cruzados mostraron la capacidad de reproducirse y producir descendencia. Aunque la poca evaluación impide tener conclusiones estables acerca de su compatibilidad.

En cuanto a la forma del fruto, se observó una predominancia de la forma amelonada en un 46.67% de los materiales, mientras que la forma de cundeamor solo se encontró en FHIA-32 con un 6.67%. La forma del ápice presentó similitud en la mayoría de los materiales, con una forma caudada en un 46.67% de los cultivares evaluados. En cuanto al color del fruto, se encontró una variabilidad notable, destacando el color amarillo y sus tonos en frutos maduros, mientras que en frutos inmaduros predominó el color verde. Estos resultados evidencian la diversidad de características fenotípicas intermedia en los materiales evaluados, lo cual es relevante para su clasificación y caracterización a pesar de compartir genotipos progenitores.

Las variables cualitativas evaluadas en frutos inmaduros y maduros proporcionaron características fenotípicas observables. Predominó la forma amelonada en un 46.67% de los materiales, mientras que la forma de cundeamor solo se encontró en FHIA-32. La forma del ápice fue mayormente caudada en un 46.67% de los cultivares. En cuanto al color, hubo variabilidad destacando el amarillo en frutos maduros y el verde en frutos inmaduros. Estos resultados evidencian la diversidad fenotípica de los materiales, lo cual es relevante para su clasificación y caracterización.

El peso promedio de los frutos es de 626,2 g, con rangos que van desde 501,8 g (FHIA-330) hasta 734,5 g (FHIA-478). El material FHIA-330 tuvo la menor longitud de fruto con 16,2

cm, mientras que FHIA-359 tuvo la mayor longitud. Entre otras características, se destaca que FHIA-478 tiene los mayores grados brix y pH. Por otro lado, el material FHIA-612 tiene el mayor peso promedio por almendra fresca y un alto porcentaje de almendras sanas por fruto (98,7%), compartido con FHIA-330. En cuanto a la longitud de los frutos, FHIA-359 tiene los frutos más largos, mientras que FHIA-330 y FHIA-533 presentan los frutos más cortos.

Se encontró una correlación positiva en la dureza del mesocarpo en diferentes partes del fruto (base, centro y ápice), lo que indica que una sola muestra es representativa. Se observó que el peso del fruto está relacionado con el peso de las almendras buenas, la placenta y la cáscara, mostrando un aumento conjunto. Los materiales FHIA-612 y FHIA-276 se caracterizan por su grosor y profundidad. Algunos materiales, como FHIA-741, FHIA-65, FHIA-330, FHIA-483 y FHIA-513, no presentan variables específicas que los describan, por lo que se requiere un enfoque combinado de variables cuantitativas y cualitativas para una identificación más precisa.

En particular, se puede observar que los materiales FHIA-168, FHIA-32 y FHIA-515 están asociados con las variables PALVA y CANTALVA. Por otro lado, GRABRAX, RELA y LONG son características representativas de FHIA-359 y FHIA-677. En el caso de FHIA-310 y FHIA-478, los parámetros que los caracterizan son P, pH, PCASC, PPLAC, CANTALBU, DIAM y PALBU.

Los valores más altos de las dimensiones del grano lo tienen los materiales: FHIA-310 (25.6), FHIA-359 (13.8) y FHIA-276 (8.8) para longitud, ancho y espesor respectivamente. También se encontró muy poca relación entre las dimensiones, lo que se puede suponer el afecto de otros factores para estos parámetros. En cuanto a el porcentaje de testa en granos, El FHIA-330 es el único que sobrepasa el 20% para el caso del peso de la testa, los 14 restantes están por debajo de 20 con un promedio de 16.9% siendo el menor el FHIA-32 con 16.9%. El rendimiento baba seco es un indicador importante para estimar el rendimiento. Los materiales

FHIA-677, FHIA-330 y FHIA-515 presentan los mayores porcentajes de rendimiento, con 47,1%, 49,3% y 51,1% respectivamente. En cambio, el material FHIA-32 tiene el menor porcentaje de rendimiento con un 28,3%.

Los valores más altos de las dimensiones del grano lo tienen los materiales: FHIA-310 (25.6), FHIA-359 (13.8) y FHIA-276 (8.8) para longitud, ancho y espesor respectivamente. También se encontró muy poca relación entre las dimensiones, lo que se puede suponer el afecto de otros factores para estos parámetros. En cuanto a el porcentaje de testa en granos, el FHIA-330 es el único que sobrepasa el 20% para el caso del peso de la testa, los 14 restantes están por debajo de 20 con un promedio de 16.9% siendo el menor el FHIA-32 con 16.9%

Sobresalen 10 materiales con valores superiores a 1100 kg de cacao seco por hectárea, siendo el FHIA-310 el más productivo (1838 kg/ha), lo cual indica una excelente producción de cacao. Los materiales restantes presentan rendimientos por encima de los 500 kg, lo cual también se considera muy bueno. Es importante destacar que estos rendimientos se obtienen bajo un sistema agroforestal, lo que tiene impactos positivos en el medio ambiente, además de proporcionar fuentes de ingreso a largo plazo a través de las especies maderables.

En las inoculaciones artificiales de mazorca negra (*Phytophthora sp.*), el método de frutos cosechados mostró mayor diámetro promedio (8.93 cm) que el método en campo. (3.26 cm), viéndose diferencias estadísticas muy notoria, en este sentido puede que existan algunos factores que desencadenan una mayor severidad en el ataque del patógeno o un decaimiento en los procesos de defensa de la planta. A pesar de la diferencia entre ambos métodos El FHIA-276, FHIA-513, y FHIA-741 presentaron incidencia similar en ambos métodos y sólo el FHIA-32 mostró resistencia genética en ambos, lo cual indica que es un material muy resistente al patógeno y para el caso. Y en el método de campo el cual se decidió usar para representación de resistencia, demostró que 5 de los 11 materiales evaluados son resistentes, 3 de ellos moderadamente resistentes y solo dos fueron clasificados como susceptibles.

De los 15 materiales se encontró que 8 de ellos mostraron resistencia genética a moniliasis (*M. rozeri*) con incidencias bajas e intermedias. Estos resultados brindaron confiabilidad en las evaluaciones realizadas en el centro en el pasado. Además, se clasifican 5 materiales como moderadamente resistentes en términos de severidad interna. Esta característica, junto con buenas prácticas agrícolas, ayuda a reducir las pérdidas. Sin embargo, el material FHIA-359 fue considerado moderadamente susceptible y el FHIA-677 fue clasificado como susceptible.

Se identificaron diferentes materiales de cacao con atributos deseados o importantes para la caracterización de la calidad. Por ejemplo, el FHIA-330, FHIA-515 y FHIA-168 que presentan atributos deseables lo que hace que presenten un buen perfil sensorial además se observó alto porcentaje de almendra blanca, mientras que el FHIA-533 y FHIA-310 se caracterizan por su sabor a cacao. Por otro lado, algunos materiales como el FHIA-359 y FHIA-65 no se destacan por un atributo específico. Además, se demostró que los materiales FHIA-276, FHIA-677, FHIA-483, FHIA-612 y FHIA-741 presentan atributos no deseados, pero aun así tienen cualidades importantes. Estos materiales tienen sabores específicos que podrían ser aceptados por los mercados, y también se destacan en términos de producción y tolerancia a enfermedades.

Los 15 materiales genéticos de cacao pertenecientes a la FHIA son altamente promisorios debido a sus características destacadas en términos de rendimiento, resistencia a enfermedades y calidad. Estos materiales han sido sometidos a una extensa evaluación por parte del CEDEC-JAS a través de muchos años, lo que respalda aún más su potencial.

VII. RECOMENDACIONES

Completar el número al menos 40 clones en la evaluación de frutos, ya que las muestras no fueron uniformes y en algunos casos fue muy pequeña.

El fruto es uno de los órganos más característicos de los clones de cacao, sin embargo, se recomienda utilizar todos los descriptores disponibles para la identificación de materiales de cacao, para una mayor certeza.

Culminar las evaluaciones de compatibilidad sexual de forma artificial, por la poca cantidad de cruza realizadas en el tiempo de evaluación por condiciones adversas que impidieron el desarrollo.

Los resultados obtenidos son bajo condiciones de La Masica, Atlántida, por lo que se recomienda corroborar bajo condiciones diferentes.

Realizar licores para evaluación organoléptica en grandes cantidades, para evitar la distorsión de sabores y aromas que puede causar la micro-fermentación y micro-secado.

Para una mayor descripción se recomienda el uso de marcadores moleculares para determinar la composición genética de cada material.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Adjaloo, MK; Oduro, W. 2013. Insect assemblage and the pollination system of cocoa (*Theobroma cacao* L). Journal of Applied Biosciences 62(1):4582-4594.

Aguilar, H. 2016. Manual para la Evaluación de la Calidad del Grano de Cacao (en línea). s.l., s.e. 22 p. Disponible en http://www.fhia.org.hn/descargas/Proyecto_de_Cacao_SECO/Manual_para_la_Evaluacion_de_la_Calidad_del_Grano_de_Cacao.pdf.

_____. 2017. Guía de Buenas Prácticas de Poscosecha de Cacao (en línea). 1 a. ed. La Lima, Cortés, s.e. 29 p. Disponible en http://www.fhia.org.hn/descargas/Proyecto_de_Cacao_SECO/Guia_buenas_practicas_de_poscosecha_de_cacao.pdf.

Ali, SS; Melnick, RL; Crozier, J; Phillips-Mora, W; Strem, MD; Shao, J; Zhang, D; Sicher, R; Meinhardt, L; Bailey, BA. 2014. Successful pod infections by *Moniliophthora roreri* result in differential *Theobroma cacao* gene expression depending on the clone's level of tolerance. Molecular Plant Pathology 15(7):698-710. DOI: <https://doi.org/10.1111/mpp.12126>.

Aranzazu, FH; Martínez, NG; Rincón-Guarín, DA. 2008. Autocompatibilidad e intercompatibilidad sexual de materiales de cacao (en línea). s.l., s.e. Disponible en https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/2205/44149_56306.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Arciniegas Leal, AM. 2005. Caracterización de árboles superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados por el programa de mejoramiento genético del CATIE. (en línea). Tesis de maestría. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Disponible en

https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4571/Caracterizacion_de_arboles_superiores_de_cacao.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Avendaño-Arrazate, CH; López-Gómez, P; Iracheta-Donjuan, L; Vázquez-Ovando, A; Bouchan, R; Cortés-Cruz, M; Borrayo, E. 2018. Diversidad genética y selección de una colección núcleo para la conservación a largo plazo de cacao (*Theobroma cacao* L). *Interciencia* 43(11):770-777.

Bailey, BA; Evans, HC; Phillips-Mora, W; Ali, SS; Meinhardt, LW. 2018. *Moniliophthora roreri*, causal agent of cacao frosty pod rot. *Molecular Plant Pathology* 19(7):1580-1594. DOI: <https://doi.org/10.1111/mpp.12648>.

Barros Nieves, O. 1981. Morfología y clasificación botánica del cacao (en línea). s.l., s.e. Disponible en https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13548/22785_3776.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Boris Juliani Marchan Carrillo. 2022. Control de *Phytophthora sp.*, usando sulfato de cobre pentahidratado a la parte aérea y microorganismos benéficos al suelo, en el cultivo de “cacao” *Theobroma cacao* L., en Zarumilla, Tumbes 2019 (en línea). Tesis. Zarumilla, Tumbes, UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES. Disponible en <https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/63461/TESIS%20-%20MARCHAN%20CARRILLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Brenes, O. 1983. Evaluación de la resistencia a *Monilia roreri* y su relación con algunas características morfológicas del fruto de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) (en línea). Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/1953?show=full>.

Cardona Velásquez, LMV; Rodríguez-Sandoval, E; Cadena, EMC. 2016. Diagnóstico de las prácticas de beneficio del cacao en el departamento de Arauca. *REVISTA LASALLISTA DE INVESTIGACIÓN* 13(1):94-104.

Cerda, R; Deheuvels, O; Calvache, D; Niehaus, L; Saenz, Y; Kent, J; Vilchez Mendoza, S; Villota, A; Martinez, C; Somarriba, E. 2014. Contribution of cocoa agroforestry systems to family income and domestic consumption: looking toward intensification. *Agroforestry Systems* 88:957-981. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9691-8>.

Cerón Salazar, IX; García Muñoz, MC; Rodríguez Polanco, L; Cubillos Varela, A; Polanco Díaz, E; López Hernández, M del P; Parra Alferes, EB; Moreno Turriago, JM; Quiñones Méndez, F. 2020. Estrategias tecnológicas para el manejo del cultivo y el beneficio del cacao (en línea). Primera. s.l., Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.institutional.7403572>.

Codex Alimentarius. 2016. Anteproyecto de niveles máximos para el cadmio en el cacao y productos derivados del cacao (en línea). s.l., s.e. Disponible en https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/fr/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcode-x%252FMeetings%252FCX-735-10%252FWD%252Fcf10_09s.pdf.

Comité Nacional de la Cadena de Cacao (CNCC). 2019. Se fortalece el sector cacao en Honduras (en línea, sitio web). Consultado 4 jul. 2023. Disponible en <https://cadenacacao.hn/2079-2/>.

Compañía Nacional de Chocolates. 2019. La moniliasis del cacao: daños, síntomas, epidemiología y manejo (en línea). Medellín, Colombia., s.e. Disponible en <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2020/09/Cartilla-Monilia-CNCH-2019.pdf>.

Correa Álvarez, J; Castro Martínez, S; Coy, J. 2014. Estado de la Moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *Acta Agronómica* 63(4):388-399. DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v63n4.42747>.

CropLife Latin America. 2023. Moniliasis del cacao (en línea, sitio web). Consultado 22 jun. 2023. Disponible en <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/moniliasis-del-cacao>.

Dostert, N; Roque Gamarra, J; Cano, A; La Torre, MI; Weigend, M. 2012. Hoja botánica: cacao *Theobroma cacao* L. (en línea). s.l., Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú. Disponible en http://www.botconsult.com/downloads/Hoja_Botanica_Cacao_2012.pdf.

Dubón, A; Erick Durán. 2016. Tipos genéticos de cacao y distribución geográfica en Honduras (en línea). s.l., s.e. Disponible en http://www.fhia.org.hn/descargas/Proyecto_de_Cacao_SECO/guia_tipos_geneticos_de_cacao_y_distribucion_geografica_en_honduras.pdf.

Dubón, A; Sánchez, J. (2007). Evaluación de materiales híbridos con resistencia potencial a moniliasis (*Moniliophthora roreri*) bajo condiciones de inóculo natural (en línea). La Lima, Cortés, Honduras, C.A, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 56-61 p. (Informe Técnico 2006 Programa de Cacao y Agroforestería.). Disponible en http://www.fhia.org.hn/descargas/informes_tecnicos/inf_Programa_de_Cacao_y_Agroforesteria-2006.pdf.

Dubón, A; Sánchez, J. (2008). Evaluación de materiales híbridos con resistencia potencial a moniliasis (*Moniliophthora roreri*) bajo condiciones de inóculo natural. CAC 99-01 (en línea). La Lima, Cortés, Honduras, C.A, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 40-45 p. (informe técnico). Informe Técnico 2007 Programa de Cacao y Agroforestería. Disponible en http://www.fhia.org.hn/descargas/informes_tecnicos/inf_Programa_de_Cacao_y_Agroforesteria-2007.pdf8.

Dubón, A; Sánchez, J. 2016. Manual de Producción de cacao. 2a ed. La Lima, Cortés, Honduras, C.A, s.e. 264 p.

Dubón, A; Sánchez, JA. (2014). Evaluación de clones promisorios seleccionados de progenies híbridas con mayores índices de rendimiento y tolerancia a moniliasis (en línea). La Lima, Cortés, Honduras, C.A, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 25-27 p. (Informe técnico). Informe Técnico 2013 Programa de Cacao y Agroforestería. Disponible en

http://www.fhia.org.hn/descargas/informes_tecnicos/inf_Programa_de_Cacao_y_Agroforesteria-2013.pdf.

Edinson González Páez. 2018. Evaluación de la compatibilidad sexual de ocho cruces de materiales promisorios de cacao en San Vicente de Chucurí, Santander (en línea). Pamplona, Universidad De Pamplona. 51 p. Disponible en [http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1929/1/Gonz%
3%a1lez_2018_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1929/1/Gonz%c3%a1lez_2018_TG.pdf).

Edwin Yubari Díaz Téllez; Jimmi Walter Urbina Espino. 2015. Estudio sobre la auto-intercompatibilidad de 5 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el Centro de Desarrollo Tecnológico del INTA El Recreo, El Rama, RAAS, en el periodo 2014-2015 (en línea). Managua, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Disponible en <https://repositorio.unan.edu.ni/794/1/10418.pdf>.

Enríquez C., GA. 1966. Selección y estudio de los caracteres de la flor, la hoja y la mazorca, útiles para la identificación y descripción de cultivares de cacao. Tesis Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. .

Enríquez, GA. 1979. Cacao como un ejemplo de cultivo perenne como componente del agroecosistema de plantas perennes (en línea) (En accepted: 2014-10-17t06:19:43z). Consultado 21 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/583>.

Enríquez, GA; Brenes, O; Delgado, JC. 1981. Desarrollo e impacto de la moniliasis del cacao (*Theobroma cacao*) en Costa Rica (en línea) (En accepted: 2014-10-17t07:12:49z). Consultado 21 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/1178>.

Escobedo, AA. (2013). Cadena productiva de cacao de Honduras (en línea). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 16 p. Disponible en <http://www.aprocacaho.com/wp-content/uploads/2013/07/Cadena-Valor-Honduras-Completo1.pdf>.

España Torres, MA. 2019. Manejo de *Phytophthora palmivora* L., en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), en la hacienda San José, cantón Babahoyo (en línea). Trabajo de titulación. Babahoyo- Los Ríos- Ecuador, Universidad Técnica De Babahoyo. Disponible en

<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6758/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000039.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

FHIA. 2003. Identificación y Control de la Moniliasis del Cacao (en línea). . Disponible en https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2324/Identificacion_y_control_de_la_Moniliasis.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

_____. 2012. La moniliasis del cacao: el enemigo a vencer (en línea). 1 a ed. s.l., Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 30 p. Consultado 13 may 2022. Disponible en http://www.fhia.org.hn/descargas/Proyecto_de_Cacao_FHIA-Canada/La_moniliasis_del_cacao_el_enemigo_a_vencer.pdf.

_____. 2018. Producción de cacao en sistemas agroforestales (en línea). s.l., s.e. Disponible en http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/Guia_Tecnica_cacao_en_SAF.pdf.

_____. (2020). Informe anual 2019-2020 (en línea). s.l., s.e. Disponible en http://www.fhia.org.hn/descargas/informes_anuales/informe_anual_fhia_2019-2020.pdf.

FHIA; APROCACAO; PROMOSTA. 2005. Producción de plantas de cacao por injerto (en línea). s.l., s.e. Disponible en http://www.fhia.org.hn/descargas/Programa_de_Cacao_y_Agroforesteria/guia_produccion_de_cacao_por_injerto.pdf.

Flores Mora, DM. 1989. Estudio ultramicroscópico del proceso de infección de *Moniliophthora roreri* en frutos de cacao (en línea) (En accepted: 2019-06-12t19:19:32z). Consultado 21 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9085>.

Gárate Navarro, MA; Paz Urrelo, JL; Delgado Haya, H. 2020. Técnicas de propagación de cacao (*Theobroma cacao* L.). s.l., Biblioteca nacional del Perú.

Garavito Santos, YD. 2018. Apoyo a la investigación “Prueba de eficacia y control del inductor de fitoalexinas FITOMAX® sobre *Monilia* (*Moniliophthora roreri* L) en el cultivo de cacao” con MARLETTI COMPANY S.A.S en San Vicente de Chucurí. (en línea). s.l., s.e. Disponible en

http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/2006/1/Garavito_2018_TG.pdf.

García González, E; Ochoa Muñoz, AF; Montalvo Rodríguez, C; Ordoñez Narvaéz, GA; Londoño Hernández, L. 2021. Sucesión microbiana durante la fermentación espontánea de cacao en unidades productivas (en línea). Ciencia en Desarrollo 12(2). DOI: <https://doi.org/10.19053/01217488.v12.n2.2021.12242>.

García-Mateos, R; Pérez-Leal, R. 2003. Fitoalexinas: Mecanismos de defensa de las plantas. Chaíngo. (Serie ciencias forestales y del ambiente) 9(001):5-10.

Graziani de Fariñas, L; Ortiz de Bertorelli, L; Angulo, J; Parra, P. 2002. Características físicas del fruto de cacaos tipos criollo, forastero y trinitario de la localidad de Cumboto, Venezuela. Agronomía Tropical 52(3):343-362.

Hidalgo, R. 2003. Variabilidad Genética y Caracterización de Especies Vegetales (en línea). Cali, Colombia, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). p. 89. Disponible en https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/An%C3%A1lisis_estad%C3%ADstico_de_datos_de_caracterizaci%C3%B3n_morfol%C3%B3gica_de_recursos_fitogen%C3%A9ticos_894.pdf.

Hütz-Adams, F; Campos, P; Fountain, AC. 2022. Barómetro del cacao - Base de referencia para Latinoamérica (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://voicenetwork.cc/wp-content/uploads/2022/09/220923-Cocoa-Barometer-Americas-ES.pdf>.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). 2012. Manejo fitosanitario del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) (en línea). Bogotá D.C. Colombia, s.e. Disponible en <https://www.ica.gov.co/getattachment/c01fa43b-cf48-497a-aa7f-51e6da3f7e96/->.

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). s. f. Práctica del injerto y tipos de injertos en cacao (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/14256/BVE21021156e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

International Standards for the Assessment of Cocoa Quality and Flavour (ISCQF). 2020. Primer Borrador del Protocolo para la Evaluación Sensorial del Licor (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://www.cocoaqualitystandards.org/>.

Jaimez, RE; Tezara, W; Coronel, I; Urich, Rosa. 2008. Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela (en línea). 52 (2). Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6089/A7723e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Jiménez, JM; Castillo, Á; Gómez, Á; Ramos, G; Chacón, I; Moya, A; Rumbos, R; Vidal, R; Albornoz, L; Gutiérrez, B; Vivas, A; Morales, N; Ramis, C. 2006. Manual práctico para la caracterización morfológica de cacao. s.l., s.e.

July Martínez, W. 2007. Caracterización morfológica y molecular del cacao nacional boliviano y de selecciones élites del Alto Beni, Bolivia (en línea) (En accepted: 2014-10-20t05:22:44z). Consultado 21 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5354>.

Krauss, U. 2012. *Moniliophthora roreri* (frosty pod rot). CABI Compendium CABI Compendium:34779. DOI: <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.34779>.

Laínez Mejía, JR. 1991. Estudio de la descendencia del cruce interclonal de cacao catongo x pound-12 bajo las condiciones de Turrialba, Costa Rica (en línea) (En accepted: 2014-10-17t15:06:08z). Consultado 21 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/1772>.

Leandro Muñoz, ME. 2011. Efecto de los factores macro y microclimáticas y las características productivas del cacao sobre la epidemiología de la moniliasis (en línea). Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Disponible en https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4880/Efecto_de_los_factores_macro.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Leandro-Muñoz, ME; Cerda, R. 2021. Guía para el manejo integrado de enfermedades en el cultivo de cacao (en línea). s.l., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Consultado 21 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10918>.

León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales (en línea). Tercera. San José, Costa Rica, Agroamerica. 522 p. Disponible en <https://books.google.es/books?id=NBtu79LJ4h4C&pg=PA45&dq=linneo+alimento+de+los+dioses+cacao&hl=es&sa=X&ei=tvULU8jXGI-07Qbz0YGIAw#v=onepage&q=Theobroma%20cacao&f=false>.

Lépido Batista. 2009. Guía Técnica el Cultivo de Cacao (en línea). Santo Domingo, República Dominicana, s.e. 250 p. Disponible en <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>.

López, M; Gori, M; Bini, L; Ordoñez, E; Durán, E; Gutierrez, O; Masoni, A; Giordani, E; Biricolti, S; Palchetti, E. 2021. Genetic Purity of Cacao Criollo from Honduras Is Revealed by SSR Molecular Markers. *Agronomy* 11(2):225. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11020225>.

López, M; Ramírez, O. 2017. Catálogo de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) evaluados y seleccionados por la FHIA. s.l., s.e.

López, O; Enríquez, GA; Soria, J. 1988. Herencia del número de óvulos por ovario en *Theobroma cacao* L. *IICA*, San José (Costa Rica) 38(3):163-167.

Loureiro, GAH de A; Araujo, QR de; Valle, RR; Sodré, GA; Souza, SMM de; Loureiro, GAH de A; Araujo, QR de; Valle, RR; Sodré, GA; Souza, SMM de. 2017. Influencia de factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahía, Brasil. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 4(12):579-587. DOI: <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>.

Lutheran World Relief. 2013. Aprendiendo e innovando sobre la producción de plantas de cacao en vivero. (en línea). s.l., s.e. Disponible en http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/05/19_Guia_3_Viveros.pdf.

Maldonado Fuentes, C. 2015. Efecto del manejo en la reducción de incidencia de enfermedades (Moniliasis, Escoba de Bruja y Mazorca Negra) en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Estación Experimental de Sapecho. (en línea, sitio web). Consultado 13 may 2022. Disponible en https://nanopdf.com/download/efecto-del-manejo-en-la-reduccion-de-incidencia-de-enfermedades_pdf.

Maroto, S; Montoya López, P; Gonzáles León, D; Delgado, T; Arvelo Sánchez, MÁ. 2017. Manual técnico del cultivo de cacao prácticas latinoamericanas (en línea). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica, s.e. 143 p. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6181>.

Martínez Chirinos, IA. 2008. Diagnóstico sobre la situación actual del cacao (*Theobroma cacao* L.) y perspectivas sobre la producción de cacao fino de aroma en Honduras (en línea). Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Administración de Agronegocios. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 61 p. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/dce9ce13-823b-4ff1-9886-613327b991a7/content>.

Mauricio Rivera C.; Zayda Reyes; Marlon López; Oscar Ramírez. (2017). Evaluación de resistencia genética de clones de cacao del banco de germoplasma de la FHIA a moniliasis (*Moniliophthora roreri*) mediante inoculación artificial. CAC-FIT 07-01 (en línea). La Lima, Cortés, Honduras, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 16-22 p. (Informe técnico). Informe Técnico 2016 Programa de Cacao y Agroforestería. Disponible en http://www.fhia.org.hn/html/informes_tecnicos_de_programas.html.

Mauricio Rivera; Zayda Reyes; Marlon López; Oscar Ramírez. (2017). Evaluación de la resistencia genética de mazorca negra (*Phytophthora sp.*) a clones de cacao mediante inoculación artificial. CAC 15-01. (en línea). La Lima, Cortés, Honduras, a. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 23-27 p. (Informe Técnico 2016 Programa de

Cacao y Agroforestería.). Disponible en http://www.fhia.org.hn/descargas/informes_tecnicos/inf_Programa_de_Cacao_y_Agroforesteria-2016.pdf.

Melgar, J; Dueñas, JA; Dubón, A; Sánchez, JA. (2006). Evaluación de la resistencia de materiales genéticos de cacao a moniliasis por medio de inoculación artificial. CAC 03-01. La Lima, Cortés, Honduras, C.A, Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). 54-58 p. (Informe técnico). Informe Técnico 2005 Programa de Cacao y Agroforestería.

Moreno-Martínez, E; Gavanzo-Cárdenas, ÓM; Rangel-Silva, FA. 2019. Evaluación de las características físicas y sensoriales de licor de cacao asociadas a modelos de siembra. Ciencia y Agricultura 16(3):75-90.

Motamayor, JC; Lachenaud, P; Mota, JW da S e; Loor, R; Kuhn, DN; Brown, JS; Schnell, RJ. 2008. Geographic and Genetic Population Differentiation of the Amazonian Chocolate Tree (*Theobroma cacao* L). PLOS ONE 3(10): e3311. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>.

Motamayor, JC; Risterucci, AM; Heath, M; Lanaud, C. 2003. Cacao domestication II: progenitor germplasm of the Trinitario cacao cultivar. Heredity 91(3):322-330. DOI: <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800298>.

Mundaca Vidarte, G. 2016. Análisis de la calidad del grano de cacao mediante imágenes hiperespectrales usando técnicas de visión artificial (en línea). Tesis de Máster en Ingeniería Mecánico-Eléctrica con mención en Automática y Optimización. Piura, Perú., Universidad de Piura. 60 p. Disponible en https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2756/MAS_IME_AUT_013.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Orús, A. 2023. Cacao: principales productores por valor a nivel mundial en 2021 (en línea, sitio web). Consultado 29 jul. 2023. Disponible en <https://es.statista.com/estadisticas/636071/cacao-principales-productores-del-mundo-por-valor/>.

Peña Urriola, D. 2017. Identificación de áreas potenciales para el cultivo de cacao en Honduras y propuesta de programa de fertilización (en línea). Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Agrónomo. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/0e26bf82-798c-460c-89db-59f9388d8102/content>.

Pérez Zuñiga, JI. 2009. Evaluación y caracterización de selecciones clonales de cacao (*Theobroma cacao* L.) del Programa de Mejoramiento del CATIE (en línea). Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica, s.e. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5084>.

Phillips Mora, W. 1986. Evaluación de la resistencia de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) a *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par) Evans et al. (en línea). Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/1954>.

Phillips Mora, W; Cerda Bustillo, R. 2009. Catálogo de enfermedades del cacao en Centroamérica (en línea). Eduardo Somarriba; Shirley Orozco (eds.). Turrialba, San José, s.e., (no. 93). 24 p. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7753>.

Phillips-Mora, W; Aime, MC; Wilkinson, MJ. 2007. Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora roreri* in tropical America. Plant Pathology 56(6):911-922. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01646.x>.

Phillips-Mora, W; Galindo, JJ. 1989. Método de inoculación y evaluación de la resistencia a *Phytophthora palmivora* en frutos de cacao (*Theobroma cacao*) (en línea). Consultado 30 may 2023. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10760>.

Porras Umaña, VH; González U, LC; Enríquez, GA. 1984. Eficacia de la reducción de fuentes de inóculo primario de *Monilia roreri*, al final del ciclo productivo del cacao, en la zona de La Masica, Honduras (en línea) (En accepted: 2014-10-17t14:45:36z). Consultado 21 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/1513>.

Porrás, VH; Sánchez L., JA. 1991. Enfermedades del cacao. La Lima, Cortés, IICA Biblioteca Venezuela, (Tecnología, comunicación y desarrollo, no. 5). 36 p.

Quevedo Guerrero, JN; Ramírez Villalobos, M; Alfonso Portillo, E; García Batista, RM; Tuz Guncay, IG; Quevedo Guerrero, JN; Ramírez Villalobos, M; Alfonso Portillo, E; García Batista, RM; Tuz Guncay, IG. 2022. Diversidad fisicoquímica y sensorial de 60 árboles elite de *Theobroma cacao* L., del sur del Ecuador. Revista Universidad y Sociedad 14(1):543-553.

Ramírez Argueta, O. 2014. Productividad, compatibilidad floral y tolerancia a enfermedades de 40 clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona de La Masica, Honduras. Tesis Ing. Agrónomo. Catacamas, Olancho, Universidad Nacional de Agricultura. 92 p.

Ramírez Argueta, OA. 2019. Compatibilidad sexual de cultivares de cacao para desarrollar propuestas de plantaciones con arreglos policlonales (en línea). Tela, Atlántida, Honduras, s.e. Disponible en <http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT%20Frutales%20y%20Cafe/Lunes%2029%20abril/7-%20Compatibilidad%20Sexual%20en%20Cacao.pdf>.

_____. 2019. Resistencia genética de cultivares de cacao a la enfermedad de mazorca negra (en línea). Tela, Atlántida, Honduras, s.e. Disponible en [http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT%20Frutales%20y%20Cafe/Martes%2030%20abril/4-Resistencia%20genetica%20de%20cultivares%20de%20cacao%20\(mazorca%20negra\).pdf](http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT%20Frutales%20y%20Cafe/Martes%2030%20abril/4-Resistencia%20genetica%20de%20cultivares%20de%20cacao%20(mazorca%20negra).pdf).

_____. 2019. Resistencia genética de cultivares de cacao a la enfermedad de moniliasis (en línea). Tela, Atlántida, Honduras, s.e. Disponible en [http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT%20Frutales%20y%20Cafe/Martes%2030%20abril/1-Resistencia%20Gen%C3%A9tica%20de%20Cultivares%20de%20Cacao%20\(Moniliasis\).pdf](http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT%20Frutales%20y%20Cafe/Martes%2030%20abril/1-Resistencia%20Gen%C3%A9tica%20de%20Cultivares%20de%20Cacao%20(Moniliasis).pdf).

Ramírez González, SI. 2008. La moniliasis un desafío para lograr la sostenibilidad del sistema cacao en México. Tecnología en Marcha 21(1):97-110.

Ramírez Mora, LG. 1987. Herencia de ciertos caracteres de la mazorca y del árbol de cacao (*Theobroma cacao* L.) (en línea). Magister Scientiae. s.l., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Consultado 20 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2287>.

Ramírez-Argueta, O; Orozco-Aguilar, L; Dubón, AD; Díaz, FJ; Sánchez, J; Casanoves, F. 2022. Timber growth, cacao yields, and financial revenues in a long-term experiment of cacao agroforestry systems in northern Honduras (en línea). *Frontiers in Sustainable Food Systems* 6. Consultado 8 abr. 2023. Disponible en <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2022.941743>.

Ramos C., G; Gómez M., Á; De Ascencao, A. 2004. Caracteres morfológicos determinantes en dos poblaciones de cacao criollo del occidente de Venezuela. *Agronomía Tropical* 54(1):45-62.

Ríos Sevilla, DF. 2015. Descripción de la diversidad entomológica asociada a la flor de *Theobroma cacao* (en línea). s.l., s.e. Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8660/MONOGRAFIA%20POLINIZADORES%20DEL%20CACAO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Rocha, HM. 1966. La importancia de las sustancias polifenólicas en el mecanismo fisiológico de la resistencia de cacao (*Theobroma cacao* L.) a *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. (en línea) (En accepted: 2014-10-18t01:48:42z). . Consultado 21 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2775>.

Rodríguez Polanco, E; Vera R, AG. 2015. Identificación y manejo de la pudrición parda de la mazorca (*Phytophthora* sp.) en cacao (en línea). 1 ed. Bogotá, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica. 60 p. DOI: <https://doi.org/10.21930/978-958-740-197-4>.

Rodríguez Rodríguez, G. 1983. Herencia de la reacción del cacao (*Theobroma cacao* L.) a la pudrición de la mazorca causada por *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. (en línea) (En accepted: 2020-11-15t17:55:27z). Consultado 20 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9968>.

Rodríguez-Velázquez, ND; Chávez-Ramírez, B; Gómez de la Cruz, I; Vásquez-Murrieta, M-S; Estrada de los Santos, P. 2022. El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante la fermentación. Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla 7(25):35-51.

Rosero, LVG. 2021. Optimización de la fermentación de cacao (*Theobroma cacao*) de especies cultivadas en los departamentos de Meta y Guaviare Colombia (en línea). Revisión de literatura. Bogotá D.C, s.e. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/54278/Optimizacio%CC%81n%20de%20la%20fermentacio%CC%81n%20de%20cacao%20%28Theobroma%20cacao%29%20de%20especies%20cultivadas%20en%20los%20departamentos%20de%20Meta%20y%20Guaviare-Colombia.%20Revisio%CC%81n%20de%20literatura.%20Laura%20Rosero%20.pdf?sequence=1>.

Sánchez Mora, F; Garcés-Fiallos, FR. 2012. *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al. en el cultivo de cacao. Scientia Agropecuaria 3:249-258. DOI: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.03.06>.

Sánchez-Mora, FD; Medina-Jara, SM; Díaz-Coronel, GT; Ramos-Remache, RA; Vera-Chang, JF; Vásquez-Morán, VF; Troya-Mera, FA; Garcés-Fiallos, FR; Onofre-Nodari, R. 2015. Potencial sanitario y productivo de 12 clones de cacao en Ecuador. Revista fitotecnia mexicana 38(3):265-274.

Saquicela Rojas, D. 2017. Influencia de la competencia entre componentes de sombra y cacao sobre la producción en sistemas agroforestales en Centroamérica (en línea). Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica, s.e. 64 p. Disponible en https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8681/Influencia_de_la_competencia_entre_componentes.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Scheltema, TG. 1989. La auto-incompatibilidad en los híbridos de cacao del CATIE: un estudio en la finca «La Lola», Zona Atlántica de Costa Rica (en línea) (En accepted: 2014-

10-17t16:10:19z). Consultado 25 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2646>.

Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). (2020). Análisis de coyuntura cacao (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://www.upeg.sag.gob.hn/wp-content/uploads/2021/07/AC-CACAO-V20.1.pdf>.

Sobalbarro-Figueroa, MF; Legarreta-González, MA; García-Fernández, F; Olivas-García, JM; Carrillo-Soltero, ME; Guzmán-Rodríguez, A. 2020. Análisis Socioeconómico de los Pequeños Productores de Cacao en Honduras. Caso APROSACAO. Ceiba (0848):1-13. DOI: <https://doi.org/10.5377/ceiba.v0i0848.8963>.

Solís Bonilla, JL; Zamarripa Colmenero, A; Pecina Quintero, V; Garrido Ramírez, E; Hernández Gómez, E. 2015. Evaluación agronómica de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) para selección de alto rendimiento y resistencia en campo a moniliasis. Revista mexicana de ciencias agrícolas 6(1):71-82.

Soraya, VEP. 2009. Caracterización Química Preliminar de Cacao (*Theobroma cacao*) de los Municipios de Omoa y La Masica, Honduras. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Honduras., Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 66 p.

Tapia, S. 2017. Situación actual de la cadena de valor del cacao en Honduras (en línea, sitio web). Consultado 14 may 2022. Disponible en <http://www.asocam.org/node/53318>.

Tarqui Freire, OM. 2020. Desempeño agroforestal y económico de los clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) del CATIE en diferentes condiciones agroecológicas en Costa Rica (en línea). Tesis Magister Scientiae. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Disponible en https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9842/Desempe%c3%b1o_agroforestal_y_economico_de_los_clones_de_cacao.PDF?sequence=1&isAllowed=y.

Terán, LMF. 2019. Evaluación de enraizadores en estacas de cacao (*Theobroma cacao* L.) con tres diferentes cortes de hoja tolerantes a la monilia en la estación experimental Sapecho-Alto Beni. :125.

Zambrano, A; Romero, C; Gómez, Á; Ramos, G; Lacruz, C; Brunetto, M del R; Máximo, G; Gutiérrez, L; Delgado, Y. 2010. Evaluación química de precursores de aroma y sabor del cacao criollo merideño durante la fermentación en dos condiciones edafoclimáticas. *Agronomía Tropical* 60(2):211-219.

ANEXOS

Anexo 1. Frutos de FHIA-330 inoculados con *M. roreri*



Anexo 2. Frutos de FHIA-32 inoculados con *M. roreri*



Anexo 3. Frutos de FHIA-483 inoculados con *M. roreri*



Anexo 4. Frutos de FHIA-65 inoculados con *M. roreri*



Anexo 5. Frutos de FHIA-533 inoculados con *M. roreri*



Anexo 6. Frutos de FHIA-612 inoculados con *M. roreri*



Anexo 7. Frutos de FHIA-483 inoculados con *M. roreri*



Anexo 8. Frutos de FHIA-741 inoculados con *M. roreri*



Anexo 9. Frutos de FHIA-359 inoculados con *M. roreri*



Anexo 10. Frutos de FHIA-168 inoculados con *M. roreri*



Anexo 11. Frutos de FHIA-276 inoculados con *M. roreri*



Anexo 12. Frutos de FHIA-32 inoculados *Phytophthora* sp. bajo dos métodos



Anexo 13. Frutos de FHIA-359 inoculados *Phytophthora* sp. bajo dos métodos



Anexo 14. Frutos de FHIA-310 inoculados *Phytophthora* sp. bajo dos métodos



Anexo 15. Frutos de FHIA-513 inoculados *Phytophthora* sp. bajo dos métodos



Anexo 16. Frutos de FHIA-65 inoculados *Phytophthora* sp. bajo dos métodos



Anexo 17. Frutos de FHIA-515 inoculados *Phytophthora* sp. bajo dos métodos



Anexo 18. Frutos de FHIA-533 inoculados *Phytophthora* sp. bajo dos métodos



Anexo 20. Frutos de FHIA-276 inoculados *Phytophthora* sp. bajo dos métodos



Anexo 19. Frutos de FHIA-330 inoculados *Phytophthora* sp. bajo dos métodos



Anexo 21. Frutos de FHIA-65 inoculados *Phytophthora* sp. bajo dos métodos



Anexo 22. Frutos de FHIA-612 inoculados *Phytophthora* sp. bajo dos métodos



Anexo 23. ANOVA para LONG y ANMAX de la hoja.

LONG

Variable	H	R ²	R ² A ₃	CV
LONG	960	0.57	0.56	10.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16406.87	17	976.87	72.34	<0.0001
MATERIAL	16497.69	14	1178.41	87.26	<0.0001
REPETICION	109.18	3	36.39	2.69	0.0449
Error	12720.81	942	13.50		
Total	29327.68	959			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.20859

Error: 13.5040 gl: 942

MATERIAL Medias n E.E.

FHIA-32	43.22	64	0.46	A
FHIA-677	40.25	64	0.46	B
FHIA-483	40.10	64	0.46	B
FHIA-478	39.63	64	0.46	B
FHIA-513	39.04	64	0.46	B
FHIA-359	36.06	64	0.46	C
FHIA-515	36.43	64	0.46	C
FHIA-65	36.31	64	0.46	C
FHIA-741	34.82	64	0.46	C D
FHIA-168	33.84	64	0.46	D
FHIA-310	32.96	64	0.46	D E
FHIA-330	32.54	64	0.46	D E F
FHIA-276	31.16	64	0.46	E F
FHIA-533	30.53	64	0.46	F
FHIA-612	27.76	64	0.46	G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

ANMAX

Variable	H	R ²	R ² A ₃	CV
ANMAX	960	0.50	0.49	10.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1932.93	17	113.11	55.51	<0.0001
MATERIAL	1904.29	14	136.02	66.75	<0.0001
REPETICION	18.64	3	6.21	3.03	0.0279
Error	1919.51	942	2.04		
Total	3842.44	959			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.85793

Error: 2.0377 gl: 942

MATERIAL Medias n E.E.

FHIA-32	16.25	64	0.18	A
FHIA-513	15.05	64	0.18	B
FHIA-677	14.99	64	0.18	B C
FHIA-168	14.80	64	0.18	B C
FHIA-359	14.45	64	0.18	B C D
FHIA-483	14.14	64	0.18	C D
FHIA-478	13.74	64	0.18	D E
FHIA-515	13.26	64	0.18	E
FHIA-65	13.16	64	0.18	E F
FHIA-333	12.96	64	0.18	E F
FHIA-330	12.36	64	0.18	F G
FHIA-741	12.06	64	0.18	G H
FHIA-310	11.87	64	0.18	H
FHIA-612	11.53	64	0.18	G H
FHIA-276	11.46	64	0.18	H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 24. ANOVA para RELA y LBA de la hoja

RELA

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
RELA	960	0.39	0.38	8.97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34.44	17	2.03	38.81	<0.0001
MATERIAL	34.19	14	2.44	43.17	<0.0001
REPETICION	0.25	3	0.08	1.48	0.2277
Error	53.30	942	0.06		
Total	87.74	959			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.14296

Error: 0.0566 gl: 942

MATERIAL Medias n E.E.

PHIA-478	2.80	64	0.03	A
PHIA-741	2.88	64	0.03	A B
PHIA-483	2.85	64	0.03	A B
PHIA-310	2.78	64	0.03	A B C
PHIA-65	2.77	64	0.03	A B C D
PHIA-515	2.76	64	0.03	A B C D
PHIA-276	2.69	64	0.03	A B C D E
PHIA-677	2.69	64	0.03	A B C D E
PHIA-32	2.67	64	0.03	A B C D E F
PHIA-330	2.63	64	0.03	A B C D E F
PHIA-513	2.60	64	0.03	A B C D E F
PHIA-359	2.53	64	0.03	A B C D E F G
PHIA-612	2.42	64	0.03	A B C D E F G H
PHIA-533	2.36	64	0.03	A B C D E F G H I
PHIA-168	2.23	64	0.03	A B C D E F G H I

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

LBA

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
LBA	960	0.41	0.40	13.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3977.58	17	233.98	38.68	<0.0001
MATERIAL	3920.70	14	280.05	46.38	<0.0001
REPETICION	56.88	3	18.96	3.13	0.0248
Error	5697.44	942	6.05		
Total	9675.02	959			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.47808

Error: 6.0482 gl: 942

MATERIAL Medias n E.E.

PHIA-32	22.63	64	0.31	A
PHIA-478	21.58	64	0.31	A B
PHIA-483	21.00	64	0.31	A B C
PHIA-513	20.88	64	0.31	A B C
PHIA-359	20.02	64	0.31	A B C D
PHIA-515	19.40	64	0.31	A B C D
PHIA-677	19.36	64	0.31	A B C D
PHIA-65	19.33	64	0.31	A B C D
PHIA-741	18.63	64	0.31	A B C D E
PHIA-168	17.56	64	0.31	A B C D E F
PHIA-330	17.52	64	0.31	A B C D E F
PHIA-310	17.13	64	0.31	A B C D E F
PHIA-276	16.79	64	0.31	A B C D E F
PHIA-533	16.63	64	0.31	A B C D E F G
PHIA-612	15.24	64	0.31	A B C D E F G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 25. ANOVA para RELBA y LONGP de la hoja.

RELBA

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
RELBA	960	0.03	0.01	28.98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9.56	17	0.56	1.82	0.0217
MATERIAL	8.40	14	0.60	1.94	0.0193
REPETICION	1.16	3	0.39	1.25	0.2898
Error	290.87	942	0.31		
Total	300.43	959			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.33397

Error: 0.3088 gl: 942

MATERIAL Medias n E.E.

PHIA-515	2.18	64	0.07	A
PHIA-677	2.13	64	0.07	A
PHIA-32	1.98	64	0.07	A
PHIA-310	1.93	64	0.07	A
PHIA-168	1.83	64	0.07	A
PHIA-483	1.93	64	0.07	A
PHIA-65	1.89	64	0.07	A
PHIA-513	1.88	64	0.07	A
PHIA-276	1.88	64	0.07	A
PHIA-330	1.86	64	0.07	A
PHIA-741	1.86	64	0.07	A
PHIA-478	1.86	64	0.07	A
PHIA-533	1.85	64	0.07	A
PHIA-612	1.83	64	0.07	A
PHIA-359	1.83	64	0.07	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

LONGP

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
LONGP	960	0.47	0.46	16.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	146.94	17	8.64	48.83	<0.0001
MATERIAL	144.89	14	10.35	58.47	<0.0001
REPETICION	2.05	3	0.68	3.86	0.0093
Error	144.74	942	0.18		
Total	313.69	959			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.23286

Error: 0.1770 gl: 942

MATERIAL Medias n E.E.

PHIA-359	3.10	64	0.05	A
PHIA-483	3.03	64	0.05	A B
PHIA-515	3.00	64	0.05	A B
PHIA-478	2.79	64	0.05	A B C
PHIA-677	2.78	64	0.05	A B C
PHIA-513	2.75	64	0.05	A B C D
PHIA-65	2.57	64	0.05	A B C D E
PHIA-168	2.52	64	0.05	A B C D E F
PHIA-612	2.51	64	0.05	A B C D E F
PHIA-310	2.42	64	0.05	A B C D E F G
PHIA-330	2.29	64	0.05	A B C D E F G H
PHIA-741	2.23	64	0.05	A B C D E F G H I
PHIA-32	2.07	64	0.05	A B C D E F G H I
PHIA-276	2.00	64	0.05	A B C D E F G H I
PHIA-533	1.73	64	0.05	A B C D E F G H I J

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 26. ANOVA para LONGTOT y LONGPED de la flor

LONGTOT

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
LONGTOT	300	0.43	0.43	9.10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1239.38	17	72.90	13.14	<0.0001
CLOW	1189.92	14	84.99	17.45	<0.0001
Repetición	49.42	3	16.47	3.42	0.0177
Error	1357.67	282	4.81		
Total	2597.05	299			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.35901

Error: 4.8144 gl: 282

CLOW	Medias	n	E.E.
FMIA-677	27.96	20	0.49 A
FMIA-515	24.75	20	0.49 A B
FMIA-310	24.68	20	0.49 A B
FMIA-478	24.13	20	0.49 A B C
FMIA-65	25.27	20	0.49 B C D
FMIA-513	24.09	20	0.45 C D E
FMIA-168	23.84	20	0.49 C D E F
FMIA-612	23.73	20	0.45 D E F
FMIA-276	23.69	20	0.49 D E F
FMIA-741	23.30	20	0.45 D E F
FMIA-330	23.01	20	0.49 D E F G
FMIA-483	22.73	20	0.49 E F G
FMIA-533	22.29	20	0.49 E F G
FMIA-359	21.59	20	0.49 F G
FMIA-32	20.67	20	0.45 G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

LONGPED

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
LONGPED	300	0.39	0.36	9.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1172.79	17	68.99	23.73	<0.0001
CLOW	1157.00	14	82.64	28.43	<0.0001
Repetición	15.80	3	5.27	1.81	0.1452
Error	819.67	282	2.91		
Total	1992.47	299			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.93296

Error: 2.9066 gl: 282

CLOW	Medias	n	E.E.
FMIA-677	22.04	20	0.38 A
FMIA-515	19.42	20	0.38 B
FMIA-478	18.84	20	0.38 B C
FMIA-310	18.42	20	0.38 B C D
FMIA-65	18.38	20	0.38 B C D E
FMIA-168	17.44	20	0.38 C D E F
FMIA-513	17.00	20	0.38 D E F
FMIA-483	17.00	20	0.38 D E F
FMIA-612	16.75	20	0.38 E F G
FMIA-276	16.24	20	0.38 F G H
FMIA-741	16.10	20	0.38 F G H
FMIA-330	15.67	20	0.38 F G H
FMIA-359	14.97	20	0.38 G H
FMIA-533	14.68	20	0.38 G H
FMIA-32	14.50	20	0.38 H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 27. ANOVA para LONGFL y DIAMFL de la flor

LONGFL

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
LONGFL	300	0.23	0.19	17.74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	130.35	17	7.67	5.06	<0.0001
CLOW	119.34	14	8.52	5.62	<0.0001
Repetición	11.02	3	3.67	2.42	0.0661
Error	427.38	282	1.52		
Total	557.74	299			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.32355

Error: 1.5155 gl: 282

CLOW	Medias	n	E.E.
FMIA-310	8.06	20	0.28 A
FMIA-533	7.60	20	0.28 A B
FMIA-276	7.45	20	0.28 A B C
FMIA-330	7.35	20	0.28 A B C
FMIA-515	7.34	20	0.28 A B C
FMIA-478	7.25	20	0.28 A B C
FMIA-741	7.20	20	0.28 A B C D
FMIA-513	7.09	20	0.28 A B C D
FMIA-612	6.98	20	0.28 A B C D E
FMIA-65	6.89	20	0.28 A B C D E
FMIA-359	6.62	20	0.28 B C D E
FMIA-168	6.42	20	0.28 B C D E
FMIA-32	6.17	20	0.28 C D E
FMIA-677	5.92	20	0.28 D E
FMIA-483	5.73	20	0.28 E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

DIAMFL

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
DIAMFL	300	0.88	0.86	11.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	976.13	17	57.42	22.98	<0.0001
CLOW	968.41	14	69.17	27.68	<0.0001
Repetición	7.72	3	2.57	1.03	0.3798
Error	704.68	282	2.50		
Total	1680.81	299			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.69953

Error: 2.4989 gl: 282

CLOW	Medias	n	E.E.
FMIA-359	16.84	20	0.35 A
FMIA-483	15.36	20	0.35 A B
FMIA-32	14.87	20	0.35 B
FMIA-612	14.73	20	0.35 B C
FMIA-478	14.58	20	0.35 B C D
FMIA-677	13.76	20	0.35 B C D E
FMIA-513	13.14	20	0.35 C D E F
FMIA-515	13.00	20	0.35 D E F
FMIA-168	12.99	20	0.35 D E F
FMIA-276	12.57	20	0.35 E F G
FMIA-533	12.24	20	0.35 E F G
FMIA-65	11.78	20	0.35 F G
FMIA-330	11.70	20	0.35 F G
FMIA-741	11.09	20	0.35 G H
FMIA-310	9.98	20	0.35 H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 28. ANOVA para DIAMPED y NUMOV de la flor

DIAMPED

Variable	N	R²	R² Ajustado	CV
DIAMPED	300	0.35	0.31	5.44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.61	17	0.04	8.76	<0.0001
CLON	0.59	14	0.04	10.24	<0.0001
Repetición	0.02	3	0.01	1.84	0.1395
Error	1.16	282	4.1E-03		
Total	1.77	299			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.06895

Error: 0.0041 gl: 282

CLON	Medias	n	E.E.
FNIA-533	0.77	20	0.01 A
FNIA-330	0.74	20	0.01 A B
FNIA-32	0.72	20	0.01 A B C
FNIA-276	0.71	20	0.01 A B C D
FNIA-513	0.71	20	0.01 A B C D
FNIA-310	0.71	20	0.01 A B C D
FNIA-612	0.70	20	0.01 B C D E
FNIA-741	0.67	20	0.01 C D E F
FNIA-483	0.66	20	0.01 C D E F
FNIA-168	0.65	20	0.01 D E F
FNIA-478	0.65	20	0.01 D E F
FNIA-677	0.63	20	0.01 E F
FNIA-65	0.63	20	0.01 E F
FNIA-515	0.63	20	0.01 E F
FNIA-359	0.61	20	0.01 F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

NUMOV

Variable	N	R²	R² Ajustado	CV
NUMOV	300	0.75	0.73	4.34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3433.05	17	201.94	49.04	<0.0001
CLON	3424.40	14	244.60	59.40	<0.0001
Repetición	8.65	3	2.88	0.70	0.5526
Error	1161.20	282	4.12		
Total	4594.25	299			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.18166

Error: 4.1177 gl: 282

CLON	Medias	n	E.E.
FNIA-478	52.60	20	0.45 A
FNIA-276	51.35	20	0.45 A B
FNIA-741	50.60	20	0.45 A B
FNIA-612	49.95	20	0.45 B C
FNIA-483	49.75	20	0.45 B C
FNIA-310	48.00	20	0.45 C D
FNIA-168	46.40	20	0.45 D E
FNIA-513	46.05	20	0.45 D E F
FNIA-533	45.50	20	0.45 E F G
FNIA-32	45.40	20	0.45 E F G
FNIA-677	44.25	20	0.45 E F G
FNIA-330	43.90	20	0.45 F G
FNIA-65	43.00	20	0.45 G
FNIA-515	43.45	20	0.45 G
FNIA-359	40.25	20	0.45 H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 29. ANOVA para LONG y PERI del fruto

LONG

Variable	N	R²	R² Ajustado	CV
LONG	537	0.47	0.46	11.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2006.15	13	154.32	36.08	<0.0001
MATERIAL	2006.15	13	154.32	36.08	<0.0001
Error	2236.92	523	4.28		
Total	4243.06	536			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.31437

Error: 4.2771 gl: 523

MATERIAL	Medias	n	E.E.
FNIA-478	20.78	10	0.65 A
FNIA-359	20.39	32	0.37 A
FNIA-677	20.27	7	0.78 A B
FNIA-168	19.61	64	0.26 A B C
FNIA-32	19.10	34	0.35 A B C D
FNIA-276	18.80	41	0.32 A B C D E
FNIA-515	18.04	64	0.26 B C D E F
FNIA-310	17.94	16	0.82 C D E F
FNIA-612	16.95	4	1.03 D E F G
FNIA-513	16.55	61	0.26 E F G
FNIA-483	15.89	30	0.38 F G
FNIA-65	15.86	58	0.27 F G
FNIA-741	14.97	43	0.32 G
FNIA-330	14.73	73	0.24 G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

PERI

Variable	N	R²	R² Ajustado	CV
PERI	538	0.30	0.28	9.24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1288.71	13	99.13	17.04	<0.0001
MATERIAL	1288.71	13	99.13	17.04	<0.0001
Error	3048.71	524	5.82		
Total	4337.42	537			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=2.69829

Error: 5.5181 gl: 524

MATERIAL	Medias	n	E.E.
FNIA-478	29.66	10	0.76 A
FNIA-310	28.97	16	0.60 A B
FNIA-276	27.81	42	0.37 A B C
FNIA-513	27.47	61	0.31 A B C
FNIA-741	27.39	43	0.37 A B C
FNIA-168	27.01	64	0.30 A B C
FNIA-612	26.43	4	1.21 B C D
FNIA-677	26.56	7	0.91 B C D
FNIA-483	26.15	30	0.44 B C D E
FNIA-32	26.13	34	0.41 C D E
FNIA-359	25.70	32	0.43 C D E
FNIA-65	25.14	58	0.32 C D E
FNIA-515	24.16	64	0.30 D E
FNIA-330	23.83	73	0.28 E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 30. ANOVA para DIAM y RELA del fruto

DIAM

Variable	N	E*	R*	Aj	CV
DIAM	535	0.30	0.28	9.24	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	130.57	13	10.04	17.04	<0.0001
MATERIAL	130.57	13	10.04	17.04	<0.0001
Error	308.90	524	0.59		
Total	439.47	537			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.85889

Error: 0.8888 gl: 524

MATERIAL Medias n E.E.

PHIA-478	5.44	10	0.24	A
PHIA-310	5.19	16	0.19	A
PHIA-276	6.95	42	0.12	A B C
PHIA-513	8.74	61	0.10	A B C
PHIA-741	8.72	43	0.12	A B C
PHIA-168	8.60	64	0.10	A B C
PHIA-612	8.48	4	0.38	B C D
PHIA-677	8.46	7	0.29	B C D
PHIA-483	8.33	30	0.14	B C D E
PHIA-32	8.32	34	0.13	C D E
PHIA-359	8.16	32	0.14	C D E
PHIA-65	8.00	58	0.10	C D E
PHIA-515	7.69	64	0.10	D E
PHIA-330	7.59	73	0.09	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

RELA

Variable	N	E*	R*	Aj	CV
RELA	537	0.64	0.63	7.99	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	25.95	13	2.00	71.62	<0.0001
MATERIAL	25.95	13	2.00	71.62	<0.0001
Error	14.58	523	0.03		
Total	40.52	536			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.18682

Error: 0.0279 gl: 523

MATERIAL Medias n E.E.

PHIA-359	3.49	32	0.03	A
PHIA-677	2.39	7	0.06	A B
PHIA-515	2.35	64	0.02	A B
PHIA-32	2.30	34	0.03	B C
PHIA-168	2.28	64	0.02	B C
PHIA-478	2.21	10	0.05	B C D
PHIA-276	2.13	41	0.03	C D E F
PHIA-612	2.05	4	0.08	D E F
PHIA-65	1.98	58	0.02	E F
PHIA-310	1.95	16	0.04	E F
PHIA-330	1.95	73	0.02	E F
PHIA-483	1.91	30	0.03	F
PHIA-513	1.89	61	0.02	F G
PHIA-741	1.72	43	0.03	G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 31. ANOVA para P y PROFSUR del fruto

P

Variable	N	E*	R*	Aj	CV
P	511	0.33	0.32	28.41	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4729062.37	13	363774.03	19.14	<0.0001
MATERIAL	4729062.37	13	363774.03	19.14	<0.0001
Error	9463919.71	497	19001.85		
Total	14172982.08	510			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=155.41965

Error: 19001.8505 gl: 497

MATERIAL Medias n E.E.

PHIA-478	734.52	10	43.59	A
PHIA-612	702.98	4	48.92	A
PHIA-310	659.87	16	34.46	A B C
PHIA-276	603.18	42	21.27	A B C D
PHIA-677	594.17	7	52.10	A B C D
PHIA-513	551.62	61	17.65	B C D E
PHIA-359	539.25	32	24.37	C D E
PHIA-168	533.48	64	20.32	C D E
PHIA-32	490.96	34	23.64	D E
PHIA-741	482.37	34	23.64	D E F
PHIA-483	474.34	30	25.17	D E F
PHIA-515	416.56	64	17.23	E F
PHIA-65	412.46	58	18.10	E F
PHIA-330	332.55	73	16.13	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

PROFSUR

Variable	N	E*	R*	Aj	CV
PROFSUR	428	0.29	0.27	40.83	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	233.86	13	17.99	12.91	<0.0001
MATERIAL	233.86	13	17.99	12.91	<0.0001
Error	578.09	415	1.39		
Total	811.95	428			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.41162

Error: 1.3930 gl: 415

MATERIAL Medias n E.E.

PHIA-478	4.60	10	0.37	A
PHIA-276	4.23	23	0.25	A B
PHIA-612	3.86	4	0.59	A B
PHIA-330	3.84	32	0.21	A B C
PHIA-32	3.36	34	0.20	A B C
PHIA-741	3.35	33	0.21	A B C
PHIA-515	3.04	47	0.17	B C D
PHIA-65	3.00	58	0.15	B C D
PHIA-677	2.98	7	0.45	B C D
PHIA-310	2.94	12	0.34	B C D
PHIA-359	2.83	14	0.32	B C D
PHIA-513	2.45	61	0.15	C D
PHIA-168	1.91	64	0.15	D
PHIA-483	1.72	30	0.22	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 32. ANOVA para GRABRIX y pH del fruto

GRABRIX

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
GRABRIX	85	0.43	0.33	9.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	111.90	13	8.61	4.13	<0.0001
MATERIAL	111.90	13	8.61	4.13	<0.0001
Error	149.06	71	2.09		
Total	259.96	84			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.67901

Error: 2.089 gl: 71

MATERIAL Medias n E.E.

FNIA-478	18.00	2	1.02	A
FNIA-483	17.17	7	0.85	A
FNIA-677	16.70	1	1.44	A B
FNIA-359	16.35	4	0.72	A B
FNIA-168	16.08	5	0.65	A B
FNIA-513	15.24	4	0.59	A B
FNIA-32	15.61	5	0.65	A B C
FNIA-276	15.34	8	0.51	A B C
FNIA-65	15.33	15	0.37	A B C
FNIA-515	15.20	6	0.59	A B C
FNIA-310	15.20	4	0.72	A B C
FNIA-330	14.63	10	0.46	A B C
FNIA-741	13.39	10	0.46	B C
FNIA-612	12.13	2	1.02	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

pH

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
pH	84	0.78	0.72	4.46

Datos desbalanceados en celdas.

Para otra descomposición de la SC especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.23	11	0.66	13.52	<0.0001
MATERIAL	7.23	11	0.66	13.52	<0.0001
Error	2.04	42	0.05		
Total	9.27	53			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.62642

Error: 0.0486 gl: 42

MATERIAL Medias n E.E.

FNIA-612	ad	0	ad	A
FNIA-310	ad	0	ad	
FNIA-478	4.66	2	0.16	B
FNIA-359	3.89	3	0.13	C
FNIA-513	3.83	3	0.13	D E
FNIA-32	3.93	4	0.11	D E
FNIA-168	3.66	5	0.10	D E F
FNIA-677	3.32	1	0.22	D E F
FNIA-330	3.31	5	0.10	D E F
FNIA-515	3.24	3	0.13	E F
FNIA-276	3.24	2	0.16	E F
FNIA-483	3.20	5	0.10	F
FNIA-741	3.18	5	0.08	F
FNIA-65	3.13	13	0.04	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 33. ANOVA para CANTALBU y CANTALVA del fruto

CANTALBU

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
CANTALBU	449	0.22	0.20	28.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9798.96	13	753.77	9.23	<0.0001
MATERIAL	9798.96	13	753.77	9.23	<0.0001
Error	34777.76	426	81.64		
Total	44576.72	439			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=10.75780

Error: 81.6779 gl: 426

MATERIAL Medias n E.E.

FNIA-478	42.80	10	2.84	A
FNIA-483	41.40	30	1.45	A B
FNIA-310	39.92	12	2.61	A B C
FNIA-612	38.00	4	4.52	A B C
FNIA-65	34.34	58	1.19	A B C D
FNIA-515	33.32	47	1.32	A B C D
FNIA-513	32.46	61	1.16	A B C D
FNIA-359	31.79	14	2.41	A B C D
FNIA-32	31.62	34	1.35	A B C D
FNIA-276	30.61	23	1.88	C D
FNIA-330	29.65	83	1.38	C D
FNIA-677	26.86	7	3.42	D
FNIA-168	26.20	64	1.13	D
FNIA-741	24.09	33	1.37	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

CANTALVA

Variable	N	R ²	R ² Ajustado	CV
CANTALVA	449	0.27	0.25	111.52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1071.92	13	82.45	12.29	<0.0001
MATERIAL	1071.92	13	82.45	12.29	<0.0001
Error	2858.37	426	6.71		
Total	3930.17	439			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.09412

Error: 6.7098 gl: 426

MATERIAL Medias n E.E.

FNIA-168	5.48	64	0.32	A
FNIA-32	4.32	34	0.44	A B
FNIA-677	2.71	7	0.98	A B C
FNIA-513	2.13	61	0.33	B C
FNIA-483	1.90	30	0.47	B C
FNIA-330	1.88	43	0.40	B C
FNIA-359	1.50	14	0.69	B C
FNIA-65	1.40	58	0.34	B C
FNIA-276	1.26	23	0.54	B C
FNIA-515	1.23	47	0.38	C
FNIA-310	1.27	12	0.79	C
FNIA-478	1.10	10	0.82	C
FNIA-741	0.64	33	0.45	C
FNIA-612	0.50	4	1.30	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 34. ANOVA para PALBU y PALVA del fruto

PALBU

Variable	N	R²	R² A1	CV
PALBU	440	0.29	0.27	34.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	207132.23	13	15933.25	13.22	<0.0001
MATERIAL	207132.23	13	15933.25	13.22	<0.0001
Error	513521.57	426	1205.45		
Total	720653.80	439			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=41.33826

Error: 1205.4497 gl: 426

MATERIAL Medias n E.E.

FMIA-478	164.06	10	10.98	A
FMIA-612	159.45	4	17.36	A B
FMIA-310	155.00	13	10.02	A B
FMIA-483	136.79	30	6.34	A B C
FMIA-276	120.72	23	7.24	B C D
FMIA-32	106.83	34	8.95	C D E
FMIA-513	105.36	61	4.45	C D E
FMIA-65	102.75	58	4.56	C D E
FMIA-677	99.36	7	19.12	C D E
FMIA-359	98.14	14	9.29	C D E
FMIA-741	96.07	33	6.04	C D E
FMIA-168	91.00	64	4.34	D E
FMIA-515	77.05	47	5.06	E
FMIA-330	72.32	43	5.29	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

PALVA

Variable	N	R²	R² A1	CV
PALVA	440	0.28	0.26	116.98

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2813.54	13	216.42	12.78	<0.0001
MATERIAL	2813.51	13	216.42	12.78	<0.0001
Error	7213.60	426	16.93		
Total	10027.11	439			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=4.89947

Error: 16.9333 gl: 426

MATERIAL Medias n E.E.

FMIA-32	8.72	34	0.71	A
FMIA-168	7.10	64	0.51	A B
FMIA-276	6.12	23	0.86	A B C
FMIA-677	4.14	7	1.56	A B C D
FMIA-483	3.26	30	0.75	B C D
FMIA-513	2.98	61	0.53	B C D
FMIA-330	2.57	43	0.63	B C D
FMIA-359	2.11	14	1.10	C D
FMIA-310	1.48	13	1.19	C D
FMIA-478	1.46	10	1.30	C D
FMIA-65	1.39	58	0.54	C D
FMIA-515	1.23	47	0.60	C D
FMIA-741	1.08	33	0.72	D
FMIA-612	0.75	4	2.06	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 35. ANOVA para PPLAC y PCASC del fruto

PPLAC

Variable	N	R²	R² A1	CV
PPLAC	434	0.20	0.17	45.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4802.67	13	369.44	8.04	<0.0001
MATERIAL	4802.67	13	369.44	8.04	<0.0001
Error	19296.56	420	45.94		
Total	24099.23	433			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=8.14659

Error: 45.9442 gl: 420

MATERIAL Medias n E.E.

FMIA-310	21.86	12	1.96	A
FMIA-612	18.13	4	3.39	A B
FMIA-478	14.53	10	2.14	A B C
FMIA-483	14.10	30	1.24	A B C
FMIA-359	14.11	14	1.01	A B C
FMIA-276	12.62	17	1.64	B C D
FMIA-677	12.56	7	2.56	B C D
FMIA-168	11.71	64	0.85	B C D
FMIA-741	11.05	33	1.18	B C D
FMIA-32	10.81	34	1.16	B C D
FMIA-513	9.73	61	0.87	C D
FMIA-330	8.43	43	1.03	C D
FMIA-65	6.89	58	0.89	C D
FMIA-515	5.69	47	0.99	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

PCASC

Variable	N	R²	R² A1	CV
PCASC	413	0.32	0.30	30.41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2479108.04	13	190700.62	16.48	<0.0001
MATERIAL	2479108.04	13	190700.62	16.48	<0.0001
Error	5286081.17	399	13173.14		
Total	7765189.21	412			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=138.00751

Error: 13173.1358 gl: 399

MATERIAL Medias n E.E.

FMIA-478	554.47	10	36.25	A
FMIA-612	524.65	4	57.39	A B
FMIA-276	494.11	23	23.93	A B C
FMIA-677	478.11	7	43.38	A B C
FMIA-359	461.76	14	30.47	A B C
FMIA-310	437.73	12	33.13	A B C D
FMIA-513	433.54	61	14.70	A B C D
FMIA-168	431.12	64	16.93	A B C D
FMIA-741	408.48	24	22.43	B C D
FMIA-32	364.60	34	19.48	C D E
FMIA-515	323.40	47	16.74	D E
FMIA-683	320.11	30	20.95	D E
FMIA-65	301.43	58	18.07	D E
FMIA-330	256.82	43	17.50	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Anexo 36. ANOVA para PROMALBU y PROMALVA del fruto

PROMALBU						PROMALVA					
Variable	N	R ²	R ² A ₁	CV		Variable	N	R ²	R ² A ₁	CV	
PROMALBU	440	0.41	0.39	19.53		PROMALVA	440	0.10	0.07	117.37	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	117.65	13	9.05	22.46	<0.0001	Modelo	69.48	13	5.34	3.46	<0.0001
MATERIAL	117.65	13	9.05	22.46	<0.0001	MATERIAL	69.48	13	5.34	3.46	<0.0001
Error	171.66	426	0.40			Error	658.86	426	1.55		
Total	289.31	439				Total	728.35	439			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.75581						Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.48071					
Error: 0.4030 gl: 426						Error: 1.5466 gl: 426					
MATERIAL Medias n E.E.						MATERIAL Medias n E.E.					
FHIA-612	4.19	4	0.32	A		FHA-276	1.95	23	0.26	A	
FHIA-741	4.07	33	0.11	A	B	FHIA-32	1.93	34	0.21	A	
FHA-276	3.56	33	0.13	A	B	FHIA-483	1.31	30	0.23	A	B
FHIA-310	3.59	12	0.18	A	B	FHIA-677	1.19	7	0.47	A	B
FHIA-478	3.89	10	0.20	A	B	FHIA-168	1.14	64	0.16	A	B
FHIA-677	3.71	7	0.24	A	B	FHIA-359	1.14	14	0.33	A	B
FHIA-168	3.30	64	0.08	A	B	FHIA-513	1.05	61	0.16	A	B
FHIA-32	3.35	34	0.11	B	C	FHIA-330	0.93	43	0.19	A	B
FHIA-483	3.30	30	0.12	C	D	FHIA-310	0.92	12	0.36	A	B
FHIA-513	3.28	61	0.08	C	D	FHIA-741	0.76	33	0.22	A	B
FHIA-359	3.08	14	0.17	D	E	FHIA-65	0.69	58	0.16	A	B
FHIA-65	3.06	58	0.08	D	E	FHIA-515	0.66	47	0.18	A	B
FHIA-330	2.53	43	0.10	E	F	FHIA-478	0.63	10	0.39	A	B
FHIA-515	2.33	47	0.09	F		FHIA-612	0.35	4	0.62	B	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)						Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

Anexo 37. ANOVA para rendimiento de los 15 materiales

Rendimiento cacao seco kg/ha						Rendimiento cacao seco por árbol kg					
Variable	N	R ²	R ² A ₁	CV		Variable	N	R ²	R ² A ₁	CV	
Rendimiento cacao seco kg/ha	251	0.25	0.21	41.77		Rendimiento cacao seco por árbol	251	0.25	0.21	42.01	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31469667.53	14	2247833.40	5.73	<0.0001	Modelo	25.98	14	1.86	5.66	<0.0001
Clon	31469667.53	14	2247833.40	5.73	<0.0001	Clon	25.98	14	1.86	5.66	<0.0001
Error	92550690.12	236	392163.94			Error	77.36	236	0.33		
Total	124020357.65	250				Total	103.35	250			
Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=922.60102						Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.94350					
Error: 392163.9412 gl: 236						Error: 0.3278 gl: 236					
Clon Medias n E.E.						Clon Medias n E.E.					
FHIA-359	521.40	5	250.06	A		FHIA-359	0.48	5	0.24	A	
FHIA-483	641.17	6	255.66	A	B	FHIA-483	0.58	6	0.23	A	B
FHIA-168	719.00	6	255.66	A	B	FHIA-478	0.65	6	0.23	A	B
FHIA-478	724.30	6	255.66	A	B	FHIA-168	0.67	6	0.23	A	B
FHIA-513	834.00	6	255.66	A	B	FHIA-513	0.75	6	0.23	A	B
FHIA-32	1138.83	6	255.66	A	B	FHIA-32	1.05	6	0.23	A	B
FHIA-515	1274.63	24	127.83	A	B	FHIA-515	1.15	24	0.12	A	B
FHIA-677	1312.04	24	127.83	A	B	FHIA-677	1.20	24	0.12	A	B
FHIA-533	1535.67	24	127.83	B	C	FHIA-533	1.40	24	0.12	B	C
FHIA-741	1569.33	24	127.83	C	D	FHIA-741	1.42	24	0.12	B	C
FHIA-276	1664.08	24	127.83	D	E	FHIA-276	1.52	24	0.12	C	D
FHIA-65	1780.42	24	127.83	E		FHIA-65	1.62	24	0.12	D	
FHIA-612	1782.08	24	127.83	E		FHIA-612	1.62	24	0.12	D	
FHIA-330	1788.75	24	127.83	E		FHIA-330	1.64	24	0.12	D	
FHIA-310	1838.25	24	127.83	E		FHIA-310	1.67	24	0.12	D	
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)						Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)					

Nota: Materiales del lote marapolán cuenta con menos años de registro en datos.

FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA (FHIA)										
DEPARTAMENTO DE POSCOSECHA										
Tasación sensorial (perfil) de licores de cacao										
Instrucciones: Para la evaluación y puntuación, pruebe la muestra y marque el punto sobre la línea que corresponde a la intensidad de cada atributo, donde cero es ausente o casi no existe.										
Número:	Fecha:		Semana:		Código de muestra:					
Atributos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cacao										
Acidez										
Amargor										
Astringencia										
Almidón										
Humedad										
Peso										
Resaca										
Fuerza/Flavor										
Consistencia visual										
Oloro externo										
Comentarios: <i>El sabor es muy fuerte, pero no tiene el aroma típico del cacao, es más como un sabor de fruta.</i>										

FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA (FHIA)										
DEPARTAMENTO DE POSCOSECHA										
Tasación sensorial (perfil) de licores de cacao										
Instrucciones: Para la evaluación y puntuación, pruebe la muestra y marque el punto sobre la línea que corresponde a la intensidad de cada atributo, donde cero es ausente o casi no existe.										
Número:	Fecha:		Semana:		Código de muestra:					
Atributos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cacao										
Acidez										
Amargor										
Astringencia										
Almidón										
Humedad										
Peso										
Resaca										
Fuerza/Flavor										
Consistencia visual										
Oloro externo										
Comentarios: <i>Sabor de frutas cítricas, pero no tiene el aroma típico del cacao, es más como un sabor de fruta.</i>										

FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA (FHIA)										
DEPARTAMENTO DE POSCOSECHA										
Tasación sensorial (perfil) de licores de cacao										
Instrucciones: Para la evaluación y puntuación, pruebe la muestra y marque el punto sobre la línea que corresponde a la intensidad de cada atributo, donde cero es ausente o casi no existe.										
Número:	Fecha:		Semana:		Código de muestra:					
Atributos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cacao										
Acidez										
Amargor										
Astringencia										
Almidón										
Humedad										
Peso										
Resaca										
Fuerza/Flavor										
Consistencia visual										
Oloro externo										
Comentarios: <i>Sabor de frutas cítricas, pero no tiene el aroma típico del cacao, es más como un sabor de fruta.</i>										